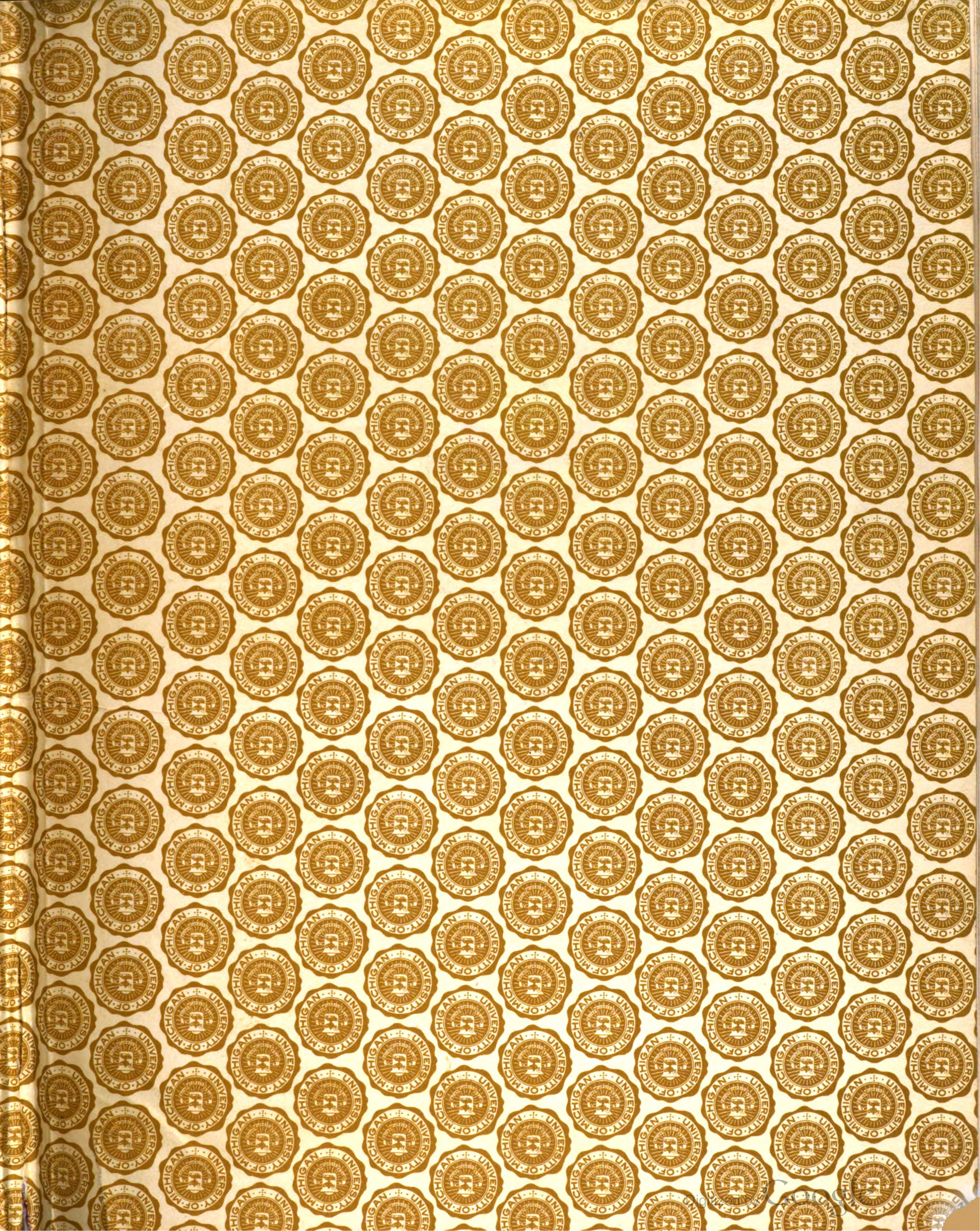


1817
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
CIRCUMSPICE
COLLEGE
OF
ENGINEERING



ORGAN
FÜR DIE FORTSCHRITTE
DES EISENBAHNWESENS

Begründet von

Edmund Heusinger von Waldegg

TECHNISCHES FACHBLATT DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN

Herausgegeben im Auftrag des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

vom Schriftleiter

Dr. Ing. H. Uebelacker
Reichsbahnoberrat

unter Mitwirkung von

Dr. Ing. A. E. Bloss
Reichsbahnoberrat

als stellvertretendem Schriftleiter und für den bautechnischen Teil

VIERUNDACHTZIGSTER JAHRGANG

NEUE FOLGE. SECHSUNDSECHZIGSTER BAND

1929

MIT 37 TAFELN UND 674 TEXTABBILDUNGEN

MÜNCHEN
C. W. KREIDEL'S VERLAG
1929



Engineering Lib.

I. Sachverzeichnis.

Es bedeutet: A = Aufsatz, B = Bericht, Z = Zuschrift. * = Abbildungen im Text oder auf Tafeln.



II. Buchbesprechungen.

III. Namenverzeichnis.

Mit dem Namen des Verfassers versehene Aufsätze und Zuschriften. * = Abbildungen im Text oder auf Tafeln.

1929
84. Jahrgang

ORGAN

Heft 1
1. Januar

FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT

DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN

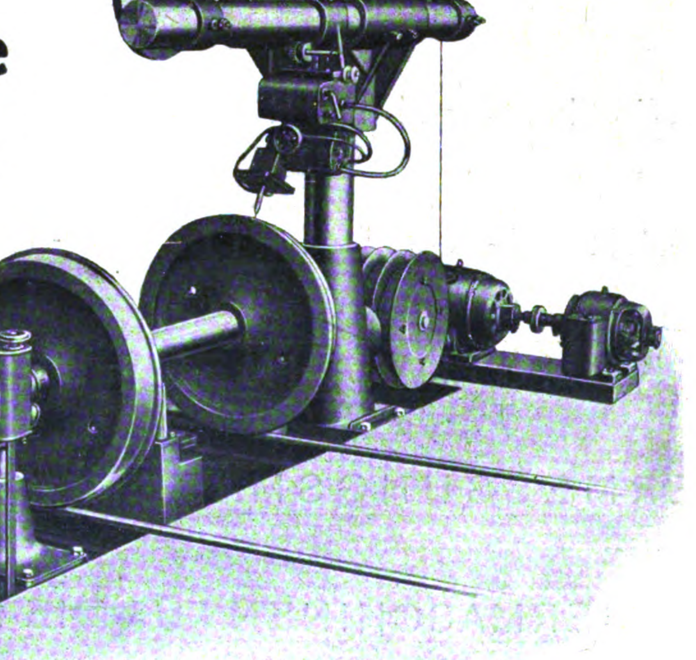
HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.

Buchbesprechungen.



Verschiedenes.



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. **H. Uebelacker,** Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. **A. E. Bloss,** Dresden

84. Jahrgang | **1. Januar 1929** | **Heft 1**

Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Ab 1. Januar ds. Js. gehören die dänischen, schwedischen und norwegischen Staatsbahnen sowie die schweizerischen Bundesbahnen dem Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen als außerordentliche Mitglieder an. Wir begrüßen die neuen Mitglieder und geben unserer Freude Ausdruck über die Stärkung, die die Bestrebungen des Vereins durch den neuen Zuwachs an Mitgliedsverwaltungen erfahren.

Die Schriftleitung.

Neues über Schienenstoßschweißungen.

Von Reichsbahnoberrat **Schönberger,** Nürnberg.

In den beiden Aufsätzen über Schienenschweißungen (erschienen im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens Jahrgang 1925 Heft 22 und 1927 Heft 15) habe ich ausgeführt, wie bei der Reichsbahndirektion Nürnberg mit dem Schweißen von Vignolschienen in freiliegenden Gleisen begonnen wurde, wie die Versuche allmählich gesteigert und geschweißte Schienen den von gewalzten Schienen geforderten Proben unterworfen wurden. Dabei zeigte sich, daß auch die geschweißten Schienen fast allen Bedingungen entsprachen und nur bei der Schlagprobe versagten. Ich habe die Erfolge erwähnt, aber auch die Mißerfolge nicht verschwiegen. Die Erfahrungen im Betriebe haben unterdessen gezeigt, daß der Schweißstoß auch den vorkommenden Schlagkräften dann genügt, wenn er ordnungsgemäß hergestellt wurde. Von solchen Stössen ist bis jetzt noch keiner gebrochen; bei den vereinzelten Brüchen, die in der ersten Zeit vorkamen, wurde nach der Ursache geforscht und an den gemachten Fehlern gelernt.

Gearbeitet wurde nach dem sogenannten **kombinierten Verfahren mit Vorwärmung, das ist der reinen Stumpfschweißung** unter Verwendung eines Schweißbleches, mit der die Schienenköpfe, und der Schmelzgußschweißung, mit der die Schienenfüße und Schienenstege verbunden wurden. Dabei muß der mit den Schweißblechen in Berührung kommende Teil des Querschnittes der beiden zu verschweißenden Schienen sehr sorgfältig mit einem Fräßhobel planparallel bearbeitet werden; in die Stoßlücke zwischen die blanken Schienenköpfe wird das Schweißblech fugendicht eingepreßt; im Steg und Fuß bleibt die Stoßlücke offen für den Durchfluß der Vorwärmegase und des aluminothermischen Eisens, welches die Schmelzgußschweißung bewirkt.

Die Stumpfschweißung im oberen Teile des Schienenquerschnittes ist eine Verbindung infolge einer dünnen Oberflächenschmelzung der Schweißflächen. Sie entsteht, wenn zu der Weißglut-Erhitzung der Schienenköpfe durch den Schlackenumguß, die allmählich von außen bis Mitte Schienenkopf vordringt, nach etwa 2 Minuten der Stauchdruck hinzukommt. Dieser bewirkt in der Mitte des Umgußes, wo die Erwärmung naturgemäß am innigsten ist, den Beginn einer Schmelzung und gleichzeitig eine gegenseitige Durchdringung der Gefügeteile an den vier Schweißflächen. Es entstehen so zwei Schweißnähte zwischen Schweißblech und Schienenköpfen und ein Stauchwulst um den Schienenkopf.

Bei der Schmelzgußschweißung im unteren Teil des Schienenquerschnittes entsteht ein viel breiterer Schmelzfuß. Er kommt dadurch zustande, daß das die beiden Schienen umspülende, überhitzte aluminothermische Eisen die Schienen in größerem Umfange auflöst und mit ihnen eine Legierung bildet. Dieser Schmelzvorgang wickelt sich sehr rasch in wenigen Sekunden ab. Die Schmelze ist bereits größtenteils wieder erstarrt, wenn der Stauchdruck einsetzt. Die Abmessungen des Schweißwulstes sind durch das Verfahren und damit ist auch die Form bestimmt; er soll nicht ganz bis an den Schienenkopf reichen.

Die Ungleichheit der beiden Verbindungsarten sowohl im Hinblick auf den Zeitpunkt ihres Zustandekommens als auch besonders mit Bezug auf die verschiedenartigen Erstarrungs- und Abkühlungsverhältnisse der Schmelzen führen zu inneren Spannungen. Diese auszuschalten oder wenigstens auf ein Mindestmaß zu beschränken bildete seit Jahren die Hauptaufgabe bei der Durchführung des Schweißverfahrens und es wurde tatsächlich auch schon Verschiedenes erreicht. Der innere Spannungsausgleich wurde aber auch schon dadurch günstig beeinflußt, dass der Querschnitt der Schweißstelle aus kohlenstoffarmem Material besteht, nämlich im Kopf aus dem Schweißblech, im Steg und Fuß aus einer Legierung des kohlefreien aluminothermischen Eisens mit dem Schienenstahl. Die so entstandene weiche Eisenzone verhindert infolge ihrer hohen Dehnung und des geringen Kohlenstoffgehaltes das Entstehen von Härtespannungen. Das gleichmäßige Ergebnis der Prüfwerte bei dieser Art von Schweißverbindung beruht also hauptsächlich auf ihrer Unabhängigkeit von dem Schienenmaterial.

a Schweißstoß 1. c Schweißstoß 2. b ursprüngliche Schiene F. X.



a	c	b
Regelmäßige Schweißung	Fehlschweißung	Schienenstahl ~ 0,5 C
$\sigma_B = 57{,}3$ kg/mm²	$\sigma_B = 16{,}6$ kg/mm²	$\sigma_B = 62{,}0$ kg/mm²

Abb. 1. Probestäbe nach den Zugversuchen (Z. 1).

I. Zwischengußverfahren mit Stauchung unter Verwendung von Sandformen.

Im Herbst 1927 wurde in Nürnberg Rbf. erstmals von der Firma Aktiengesellschaft für aluminothermische und elektrische Schweißungen Professor Dr. Hans Goldschmidt, Ingwer Block Berlin nach dem patentamtlich geschützten Zwischengußverfahren mit Stauchung gearbeitet; es wurden im Gleis 3 des Einfahrbahnhofes an drei Gleisstößen der bayer. Form X von je 60 m Länge 26 Schweißungen ausgeführt. Bei diesem Verfahren besteht der ganze Querschnitt der Schweißstelle aus einer dichten gleichförmigen Legierung von kohlefreiem aluminothermischen Eisen mit Schienenstahl.

Um festzustellen, welche Festigkeiten bei diesem Schweißverfahren erzielt werden und welche Gefügeänderungen in der Schweißzone eintreten, wurde eine Reihe von mechanischen und metallographischen Proben durchgeführt und diese möglichst den im Jahre 1925 vorgenommenen Untersuchungen

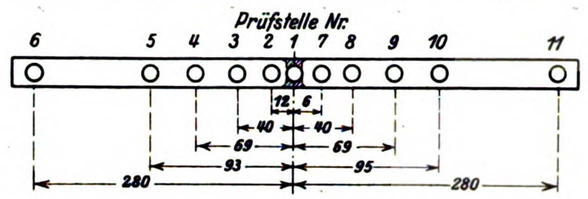


Abb. 2. Anordnung der Kugeldruckversuche (Z. 2).

der nach dem kombinierten Verfahren geschweißten Schienen angeglichen.

Nachstehend sind die wichtigsten Untersuchungsergebnisse aufgeführt:

1. Zugversuche.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Zerreißversuche									
Nähere Bezeichnung des Stückes, aus dem die Probe entnommen ist	Durchmesser oder Dicke des Probestabes F mm	Querschnitt des Probestabes F mm²	Entfernung der Körner mm	Bruchbelastung kg	Belastung auf das qmm des ursprünglichen Querschnitts vorgeschrieben kg	Belastung auf das qmm des ursprünglichen Querschnitts erreicht kg	Dehnung in % der ursprünglichen Entfernung der Körner vorgeschrieben	Dehnung in % der ursprünglichen Entfernung der Körner erreicht	Einschnürung in % des ursprünglichen Querschnitts	Aussehen der Bruchfläche und Oberfläche des Probestabes
				a) Schweißstoß 1						
Rundstab aus dem Kopf	20	314,2	100	18000	60	**57,3**	12	4,6	16,3	Grobkörnig, kristallinisch, hellglänzend, Bruch neben der Schweißstelle
Flachstab aus dem Steg	15,3×10	=153	100	6600	60	43,3	12	5,6	10,5	Grobes Korn, hellglänzender Bruch durch die Schweißung
Flachstab aus dem Fuß	32×10	=320	100	13600	60	42,7	12	8,0	29,4	Grobes Korn, hellglänzend mit matter Stelle
				b) Ursprüngliche Schiene						
Rundstab aus dem Kopf	20	314,3	100	19500	60	**62,0**	12	25	51,0	Feines Korn, mattgrau, innen sehnig, muschelig, leicht aufgezogener Rand
Flachstab aus dem Steg	32,3×10	=323	100	19200	60	59,4	12	25	40,0	Wie vorstehend
Flachstab aus dem Schienenfuß	32,3×10	=323	100	20500	60	61,5	12	23,5	42	Desgleichen
				c) Schweißstoß 2						
Rundstab aus dem Kopf	20	314,2	100	5200	60	**16,6**	—	—	—	Bruch durch die Schweißfuge, Bruchfläche muschelig, grob, glänzend, Fehlschweißung (ungenügende Vorwärmung oder vorzeitige Stauchung)
Flachstab aus dem Steg	32,3×10	=323	100	12800	60	40	—	4	11,4	Unregelmäßiger Bruch, Schmelzgut und Schienenstahl nicht innig verschmolzen. Schmelzgut hellglänzend, Schienenbruchfläche mattgrau, fein im Korn
Flachstab aus dem Fuß	32,3×10	=323	100	13000	60	40,2	--	3,5	—	Wie vor

Ansicht der Zerreißproben siehe Abb. 1.

2. Kugeldruckversuche nach Brinell (hierzu Abb. 2).

Vortrag	Prüfstelle Nr. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Versuchschiene 1											
Abgelesener Kugeleindruck: mm	5,09	4,77	4,43	4,54	4,34	4,36	4,49	4,33	4,34	4,13	3,93
Brinellsche Härtezahl = H	138	158	185	175	193	191	180	194	193	214	237
Festigkeit $\sigma_B = 0{,}36$ H kg/mm²	49,8	57,2	63,5	63,0	66,4	65,7	63,0	66,7	66,4	73,6	81,6
Versuchschiene 2											
Abgelesener Kugeleindruck: mm	5,34	4,77	4,37	4,63	4,60	4,34	4,50	4,49	4,38	4,37	4,39
Brinellsche Härtezahl = H	123	158	190	168	170	193	179	180	189	190	171
Festigkeit $\sigma_B = 0{,}36$ H kg/mm²	44,5	57,2	65,3	60,9	61,5	66,4	63,0	63,0	63,0	65,3	61,8

Die für gewöhnliche Schienen verlangte mindeste Zugfestigkeit von 60 kg für das mm^2 des ursprünglichen Querschnittes wird beim Schweißstoß nicht voll erreicht.

Von den 5470 mm^2 Querschnittsfläche der Versuchschienen treffen auf den Kopf $\sim$ 2390 mm^2
„ „ Steg $\sim$ 1200 „
„ „ Fuß $\sim$ 1890 „ .

Nach den bei den Zugversuchen erhaltenen Bruchspannungen berechnet sich für den Schweißstoß 1 eine Gesamtbruchbelastung von 269,6 t, für die ursprüngliche Schiene dagegen 335,7 t.

Die bei dem Schweißstoß vorhandene Abnahme der Höchstbelastung mit 66,2 t = 19,5 % wird jedoch durch die Querschnittsvergrößerung ausgeglichen, die der um die Schweißstelle sich legende Schweißwulst ergibt.

Die nach den Lieferbedingungen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft für gewöhnliche Schienen geforderte Mindesthärte H = 167 kg/mm^2 wird also nur bei den Prüfstellen 1 und 2 unmittelbar in der Schmelzzone nicht ganz erreicht.

3. Biege- und Bruchversuch (hierzu Abb. 3).

Schiene FX mit 3 mm Höhenabnützung.

Widerstandsmoment W der neuen Schiene (140 mm) = 202 cm^3, Widerstandsmoment W der abgenützten Schiene annähernd 195 cm^3, erreichte Durchbiegung f = 33 mm, Bruchbelastung P = 54000 kg.

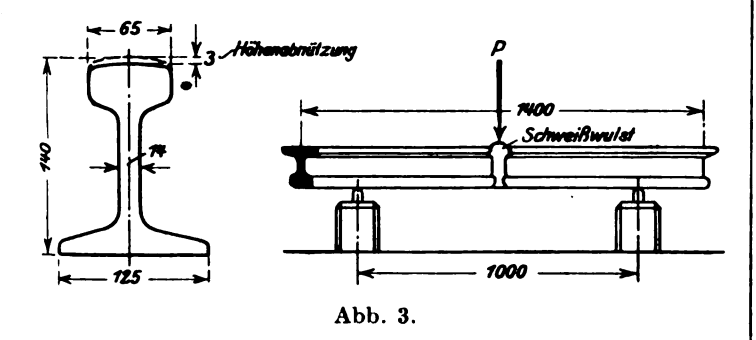


Abb. 3.

Es ist:

$$\frac{P \cdot l}{4} = \sigma_F \cdot W$$

$$\sigma_F = \frac{P \cdot l}{4\,W} = \frac{54000 \cdot 100}{4 \cdot 195} = \frac{5400000}{780} = 69 \text{ kg/mm}^2$$

Die ermittelte Bruchfestigkeit genügt.

4. Schlagprobe (hierzu Abb. 4).

Auflagerentfernung m	Fallgewicht kg	Fallhöhe h m	Schlagmoment mkg	Durchbiegung nach dem Schlage in mm 1	2	3	4	5	6	Bemerkungen
1,00	500	0,400	200	0	—	—	—	—	—	
—	—	0,600	300	—	3	—	—	—	—	
—	—	0,800	400	—	—	5	—	—	—	
—	—	0,900	450	—	—	—	8	—	—	
—	—	1,000	500	—	—	—	—	Bruch in 40 mm Entfernung von der Schweißfuge		

Die Schlagprobe hat den bestehenden Forderungen für gewöhnliche Schienen nicht entsprochen.

5. Verschleißproben (hierzu Abb. 5),

nach dem Prüfverfahren von Oberbaurat Spindel, Innsbruck, an der glattgearbeiteten Fahrfläche genommen.

Schleifscheibendurchmesser . = 320 mm
Stärke der Schleifscheibe . = 1 „
Umdrehungen in der Minute = 34
Andruck . . . . = 5 kg

6. Gefügeuntersuchung (hierzu Abb. 6).

Mikrophotographische Aufnahme von geätzten Schliffen zur Feststellung des Verlaufes der Schweißzone und des Einflusses der Schweißhitze auf den Gefügeaufbau des Schienenstahles.

Die Versuchsergebnisse stimmen im allgemeinen mit jenen der kombinierten Schweißung überein. Die Schlagprobe war auch hier im Vergleich mit den bei der Abnahme von gewöhnlichen Schienen geforderten Schlagmomenten (1500 mkg) völlig unzureichend, während die Biege-, Kugeldruck- und Zerreißproben brauchbare Werte ergaben. Auch hinsichtlich der Verschleißfestigkeit können die beiden Schweißarten gleichgestellt werden. Nach den Beobachtungen der in Nürnberg Rbf. liegenden 26 Versuchsstösse scheint die Außenschicht der mit dem Zwischengußverfahren mit Stauchung geschweißten Stöße

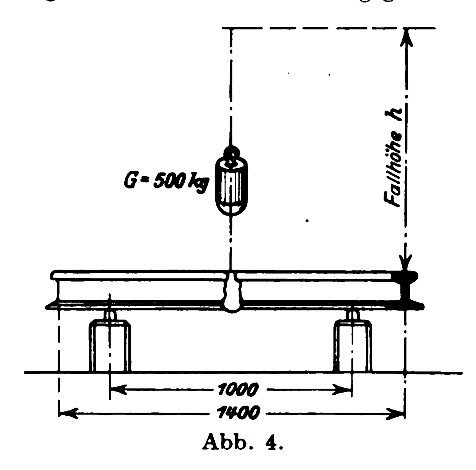
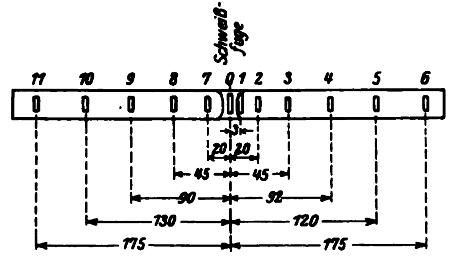


Abb. 4.

etwas zäher zu sein, als bei dem kombinierten Verfahren, denn die bei letzterer Schweißung einige Male beobachteten leichten Quetschungen der Oberflächenschicht, die allerdings nach kurzer Zeit verschwanden, kamen bei den Schweißungen nach dem Zwischengußverfahren nicht vor. Auch die Schaubilder der Spindelschen Verschleißprüfmaschine (Abb. 5) zeigen in Übereinstimmung mit Vorstehendem, daß die Schaulinien an den Schweißstellen 0, 1, 2, 3, 7 und 8 etwas flacher verlaufen als bei der ursprünglichen Schiene (Prüfstellen 4, 5, 6, 9 und 11); der Abnützungswiderstand ist demnach an den Schweißstellen etwas größer. Ob und welche Schlüsse hieraus gezogen werden müssen, wird erst eine längere Betriebszeit lehren.

Wie Abb. 13 zeigt, hat die Auflösungszone auf der Fahrfläche des Schienenkopfes eine eigenartige Einschnürung, deren Breite bei den in Nürnberg Rbf. ausgeführten 26 Schweißungen zwischen 2,5 mm und 25 mm schwankt. Trotz dieser Verschiedenheit der Schmelzzone ist es bei den bisherigen Versuchen gelungen, den Schweißvorgang derart zu regeln, dass bei der fertigen Schweißung die ursprüngliche Schienenlänge wieder vorhanden war. Es darf also angenommen werden, daß die verschiedenartige Ausbildung der Schmelzzone auf dem Schienenkopf auf Unregelmäßigkeiten während des Stauchvorganges zurückzuführen ist. Wenn auch ein Nachteil hierin nicht erblickt werden kann, so ist doch eine größere Gleichförmigkeit anzustreben; jedenfalls bedingt eine gute Verschweißung der Schienenenden, daß die im Schienenkopf sich bildende Legierungsschicht von Schienenstahl und alumino-

thermischem Metall nicht zu schmal wird. Wichtiger sind die bei einigen Probestücken (siehe Zugversuch c) festgestellten Fehlstellen im Bruchgefüge und mangelhaften Schweißungen



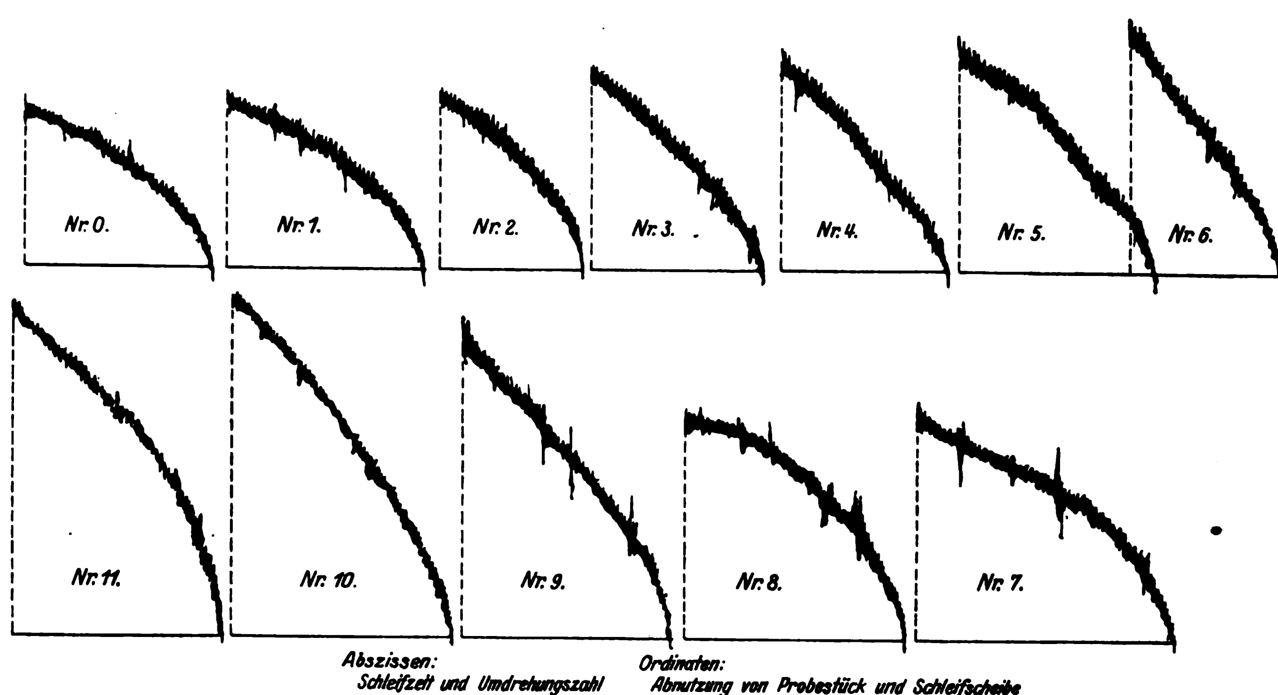


Abb. 5. Anordnung und Schaubilder der Verschleißproben (Z. 5).

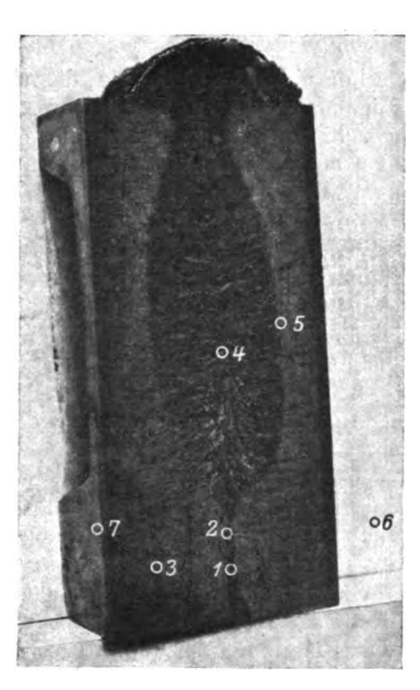


Abb. 6. Schnitt der Schweißung längs der Stegmitte. $V = \frac{1}{2}$ fach. Die Ziffern im Gefügebild bezeichnen die Stellen der nachfolgenden mikroskopischen Aufnahmen.

des Schienenkopfes (siehe Abb. 1 mittlerer Probestab); vermutlich wurde bei dieser Schweißung unregelmäßig, z. B. zu spät, gestaucht. Zur Erzielung einer gleichmäßigen und einwandfreien Schweißstelle wird daher dieser Punkt noch besonders beachtet werden müssen. Für die Stärke der Vorwärmung bleibt ebenso wie beim kombinierten Verfahren der Augenschein maßgebend; denn es gibt z. Z. noch keine Einrichtungen zur einwandfreien Feststellung der Kirsch-Rotgluthitze.

Das Schliffbild (Abb. 6) zeigt sehr schön den Verlauf der Schweißzone; im Kopf eine schmale Schmelzfuge, die sich gegen die Fahrfläche unter der Einwirkung der Schlackenhitze erweitert. In dem schwachen Steg, auf den die Vorwärmung und Schmelzhitze naturgemäß stärker einwirkt, verbreitet sich die Schmelzung ganz bedeutend und wird in dem massigeren Schienenfuß wieder verengt. Aus den Gefügebildern (Abb. 8 und 11) ist ersichtlich, daß die Übergänge allmählich verlaufen. Jedenfalls ist bei einer sorgfältigen Ausführung der Zwischengußschweißung mit einer innigen Verschmelzung ohne besondere Schweißspannungen zu rechnen.

Die Stauchung findet im Gegensatz zu dem kombinierten Verfahren unmittelbar nach dem Einguß, d. i. sofort nachdem das aluminothermische Eisen Schmelzarbeit geleistet hat, bei noch leichtflüssigem Zwischenguß statt, wobei dieser den Weg, den er gekommen, noch bevor er erstarren kann, wieder zurückgetrieben wird. Durch diese Rückwärtsbewegung des Eingußmaterials wird einer Lunkerbildung vorgebeugt, die bekanntlich bei ruhig erstarrendem Guß einzutreten pflegt (zu sehen durch die aufwärts strebende Verästelung im Schliffbild 6). Zugleich werden die in der Stoßlücke verbleibenden Reste der Legierung zusammengepreßt und innig miteinander vermischt. Darauf beruht das stets gleichmäßig dichte Gefüge zwischen den Schienenköpfen und die Möglichkeit einer gleichförmigen Schrumpfung. Es gelingt, einen großen Teil des Zwischengusses aus der Stoßfuge wieder herauszupressen. Die Breite der Umgußlasche braucht bei diesem Verfahren nur etwa 37 bis 45 mm zu betragen.

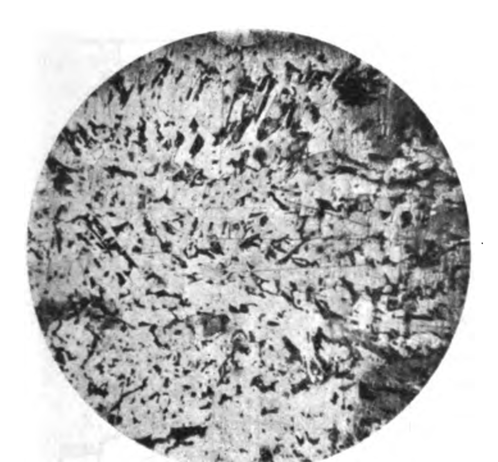
Das flüssige Eisen wird auf kürzestem Wege aus dem Tiegel zwischen die Schienenköpfe gebracht. Es läuft nicht erst wie bei dem kombinierten Verfahren in den unteren Teil der Gußform, von wo es dann hochsteigen muß; — auf diesem Wege kühlt es ab und die Schienenköpfe, in denen die Hauptarbeit zu leisten ist, werden erst zum Schlusse erreicht. — Wenn dagegen das aluminothermische Eisen zuerst an den Kopfflächen vorbeifließt, dann gelangt es zu dem schwächeren Teil des Schienenprofiles (Steg und Fuß) noch so heiß, daß auch dieser leicht verschmolzen wird.

Die vorerwähnten in Nürnberg Rbf. nach dem Zwischengußverfahren mit Sandformen geschweißten Stösse wurden ein Jahr beobachtet und, da sie sich bewährten, wurde im Herbst 1928 nach dem gleichen Verfahren auf den Nebenbahnen Strullendorf—Ebrach und Forchheim-Höchstadt (Aisch) ein größerer Versuch von 480 Schweißungen nach demselben Verfahren durchgeführt. Diese Strecken waren sehr umbau-

bedürftig. Greifbar waren altbrauchbare Pfalzbahnschienen mit einem Gewicht von 34 kg/m; diese Schienen waren aber z. T. recht ungleichmäßig abgenützt und nur 8 m bzw. 12 m lang, so daß die Aussicht, mit diesen Stoffen ein gutes Gleis herstellen zu können, recht gering war. Hier hat sich aber das Schweißen glänzend bewährt. Es wurden je drei oder zwei Schienen zu einer 24 m Langschiene zusammengeschweißt und mit diesen ein recht gut liegendes Gleis hergestellt. Dabei wurden an jeder Schweißstelle die durch die ungleichmäßige Abnützung der Schienen beim Laschenstoß unvermeidlichen Stufen der Fahrfläche und Fahrkante beseitigt. Zur nachhaltigen Verspannung der Langschienen mit den Schwellen wurden zwischen Schienenfuß und eiserner Unterlagplatte 5 mm starke Pappelholzplättchen eingelegt. Zum wirtschaftlichen Vergleich wurde auch nach dem kombinierten Verfahren der Elektro-Thermit G. m. b. H.-Tempelhof eine größere Anzahl Schweißungen auf beiden Nebenbahnen ausgeführt; ein wesentlicher Kostenunterschied beider Verfahren war nicht festzustellen.

Gefügebilder Abb. 7 bis 12.
Die ursprünglichen Aufnahmen haben 50fache Vergrößerung.

1. Mitte der Schweißstelle im Kopf.



Schweißgut
(Ferrit und Perlit ~0,1 % C).
Abb. 7.

2. Rand der Schweißfuge im Kopf
(Übergangsgefüge).



Ferrit und Perlit gut vermengt, rechts Schienenstahl erhitzt.
Abb. 8.

3. Schweißzone in 10 mm Entfernung von der Schweißfuge im Kopf.





Ferrit und Perlit; durch Wärmewirkung starke Kornvergrößerung.
Abb. 9.

4. Mitte der Schweißstelle im Steg.



Schweißgut. Ferrit mit Perlitkörner durchsetzt. Verunreinigung durch feine Schlackenteilchen.
Abb. 10.

5. Rand der Schmelzzone am Steg.



Übergang gut.
Links erhitzter Schienenstahl, rechts Schweißgut.
Abb. 11.

6. Ursprungsgefüge der Schiene.
Bayr. Form X.





Ferrit und Perlit, mittleres Korn ~0,5 % C.
Abb. 12.

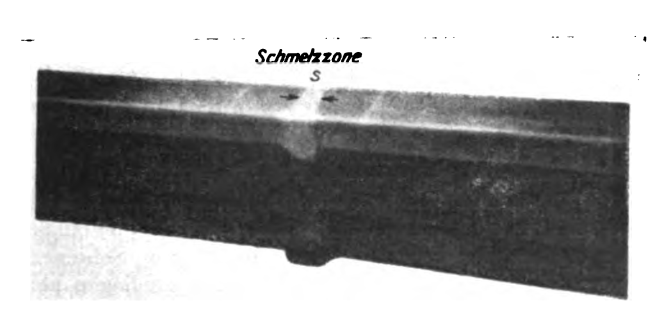


Abb. 13.

Im Frühjahr 1928 hat die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft in der Erkenntnis, daß zu einem angenehmeren Fahren auch die Verminderung der Schienenstöße beitrage, angeordnet, daß eine Anzahl internationaler Schnellzuglinien mit 30 m langen Schienen umzubauen sind, und daß die Schienen, soweit sie nicht in dieser Länge von

den Walzwerken geliefert werden können, zu schweißen sind. Das Kapitel „Schienenschweißung" ist also plötzlich aus dem Zustande des Versuches herausgetreten. Nichtsdestoweniger harren noch verschiedene Aufgaben, die sich hauptsächlich auf die Vervollkommnung und die Verbilligung des Schweißverfahrens beziehen, der Lösung.

Hierzu zählt in allererster Linie die Vergütung des Schienenmateriales an der Schweißstelle, das durch die Erhitzung eine ungünstige Gefügeänderung erleidet und den Anforderungen der Schlagprobe nicht mehr genügt.

Die Größe der Schweißportion wurde bisher für beide Verfahren bestimmt durch das kombinierte Verfahren und zwar unter Rücksichtnahme auf die für die Kopfschweißung benötigte Schlackenmenge. Die Eisenmenge ergibt sich daraus von selbst. Soweit diese zur Verschmelzung nötig ist, könnte sie wesentlich geringer sein; sie ist aber wegen der im Kopf und Fuß infolge der Kombination der beiden Schweißarten (Stumpfschweißung — Schmelzgußschweißung) ungleichen Schrumpfspannungen zur Bildung einer gewissen Laschenbreite erforderlich, die einen notwendigen Ausgleich dieser verschiedenen Spannungen im ganzen Schienenprofil ermöglicht. Bei der kombinierten Schweißung wird daher die gesamte verfügbare Schweißmasse voll benützt; die Schweißportion darf nicht verkleinert werden. Bei dem Goldschmidt-Blockverfahren wird nur das aluminothermische Eisen zur Schweißung verwendet; die in der Schlacke enthaltenen Kalorien sind für das Zustandekommen der Schweißung nicht nötig, sie sind also verschwendet. Hier müssen die Versuche einsetzen und nachweisen, wie weit die Schweißportion verringert werden kann. Ist es möglich die Schweißportion zu verkleinern, so wird auch die Schweißform kleiner.

Weiter sollte angestrebt werden, die bisher üblichen Blechformkästen mit dicken Sandwänden durch Metallformen mit dünner leicht auswechselbarer Auskleidung zu ersetzen. Gelingt es die Vorwärmung zu verbessern, so können bei kleinerer Schweißportion auch die Formhohlräume wesentlich kleiner gehalten werden. Bei der jetzigen Art der Vorwärmung werden ein oder mehrere Blasrohre in die Öffnungen der Sandform mehr oder minder tief hineingesteckt, in den Hohlräumen der Gußform wird der Brennstoff zur Verbrennung gebracht; diese Hohlräume werden zugleich als Züge für die Heizgase benutzt. Eine Meßkontrolle wird dabei nicht ausgeübt; es bleibt vielmehr dem Gutdünken des Schweißers überlassen, nach Augenschein die Vorwärmung für ausreichend zu halten. Dann vergehen noch Minuten, bis die Blasöffnungen in der Form gedichtet werden und der Tiegel abgestochen wird. Daß dabei eine mehr oder minder starke Abkühlung der Schweißstelle eintritt, ist augenscheinlich; auf Genauigkeit kann diese Methode also keinen Anspruch erheben. Auch hier muß nach einer Vervollkommnung getrachtet werden; wenn es gelingt eine diesen Anforderungen entsprechende Apparatur zu finden, die mit genauen Temperaturmessern ausgerüstet ist und eine gleichbleibende Heizquelle gewährleistet, dann kann ohne die Einstellung der Vorwärmung der Guß durchgeführt werden und mag es schließlich auch gelingen, die Schweißstelle so weit zu vergüten, daß diese auch der Schlagprobe genügt.

II. Zwischengußverfahren mit Stauchung unter Verwendung von Metallformen.

Im September 1928 wurde auf der Straßenbahnausstellung in Essen erstmalig von der Goldschmidt-Block A. G. eine Stahlgußdauerform gezeigt. In einem Güterzuggleis der Station Fürth wurde sie dann anfangs Oktober 1928 erprobt. Das Gleis sollte so verschweißt werden, daß seine ursprüngliche Länge auch nach der Verschweißung erhalten blieb. Zu diesem Zweck wurden, nachdem die Stoßschwellen entfernt und die Schienen auf den übrigen Schwellen gelockert waren, die Stoßlücken, die an jedem Tag voraussichtlich zur Verschweißung kommen sollten, gleichmäßig verteilt. Dabei zeigte es sich, daß man mit einer mittleren Stoßlücke von 8 mm rechnen konnte. Die jeweils zur Verschweißung kommende Stoßlücke wurde dann auf 14 mm erweitert und auf 9 mm zusammengestaucht. Der noch übrigbleibende 1 mm verschwand dann noch durch die Wärmeschrumpfung.

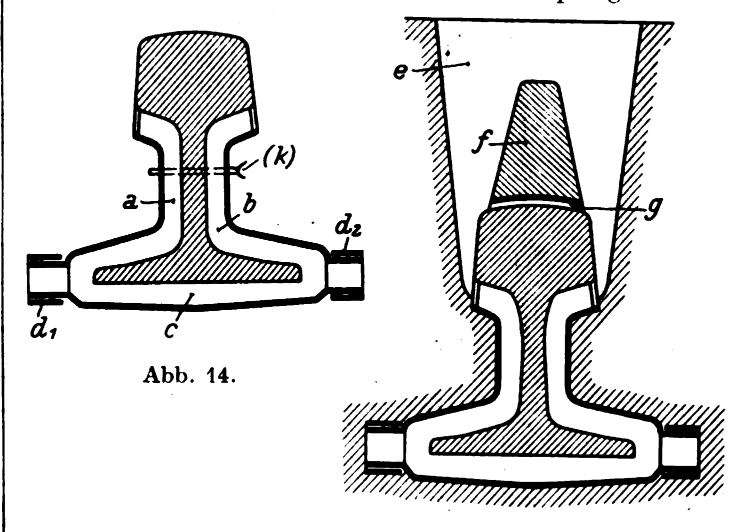


Abb. 14.

Abb. 15.

Bei der neuen Gußform ist das frühere Aluminiummodell für den Schweißwulst durch eine Nachbildung desselben aus 1 mm starkem Eisenblech ersetzt. Dieses Blechmodell wird um den Schienenstoß gelegt und bildet den Hohlraum der Gußform, in den die Schweißmasse gegossen wird. Es besteht aus drei Blechlaschen a, b, c, welche durch die Blechringe d_1, d_2, zusammengehalten werden. Der dichte Abschluß in der Laschenkammer wird durch einen Knebel aus Bindedraht (k), der durch die Stoßfug ehindurchgeführt wird, erzielt. Abb. 14 und 15 zeigen den fertig zusammengestellten Blechwulst.

Zur Vervollständigung des Blechwulstes als Gußmodell dient ein Aluminiumstück e. Dieses wird von oben in die Schienenstoßlücke eingesetzt, begrenzt zu beiden Seiten die Schienenkopfflächen und überlappt die oberen Ränder des Blechwulstes (Abb. 15). Es bildet den geteilten Einlaufweg für die Schweißmasse und zugleich mit dem kleinen Sandkern f, der mit der gewölbten Blechunterlage g ausgefüttert ist, den oberen Abschluß der Stoßfuge. Das Gußmodell ist damit zum Einformen fertig. Der äußere Teil der Gußform besteht aus einer dreiteiligen Stahlgußkokille von etwa 10 mm Wandstärke, die dem Blechwulst nachgebildet ist, indem sie ihn in einem gleichbleibenden Abstand von 25 mm umgibt. Der Zwischenraum wird mit feingesiebter weicher Sandformmasse ausgefüllt. Auch die Kokillenteile A, B, C werden ähnlich wie die Blechwulstteile durch kräftige innen konisch zulaufende Stahlgußringe r_1 und r_2 zusammengehalten (Abb. 16 und 17).

Beim Ansetzen der Kokille werden zunächst die Seitenteile A, B von Hand mit plastisch feuchter Eisenberger Klebsandmasse lose ausgefüllt und durch den Spindeldruck von Formanpressern in die Laschenkammern der Schienen gedrückt, so daß der Blechwulst in ihre Mitte zu liegen kommt, bis die Kokillenränder an der Schiene anliegen. Dann wird das ebenso ausgekleidete dritte Kokillenstück C, mit Hand unter den Schienenfuß gedrückt, bis die Kokillenränder aufeinander passen. Es können nun die beiden konischen Seitenringe r_1 und r_2 aufgeschoben werden. Die überschüssige Klebsandmasse quillt an allen Dichtungsflächen in besonders

dafür vorgesehenen Schlitzen heraus und wird bis auf einen kleinen Rest, der die Abdichtung der äußeren Gußform bildet, entfernt. Damit die feuchte Sandmasse nicht auch durch die feinen Fugen von Blechwulst und Schiene in den Formhohlraum dringen kann, wird der Übergang des Einlaufskopfes zum Blechwulst vor dem Ansetzen der Kokillenteile mit einer Lage dünnen Papiers bedeckt. Nunmehr wird der dritte Verschlußring R, der zugleich den Schlackenfänger bildet,

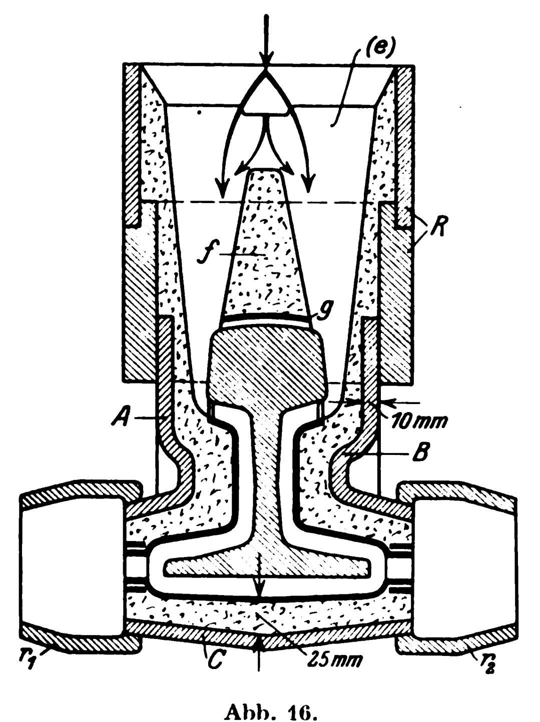


Abb. 16.

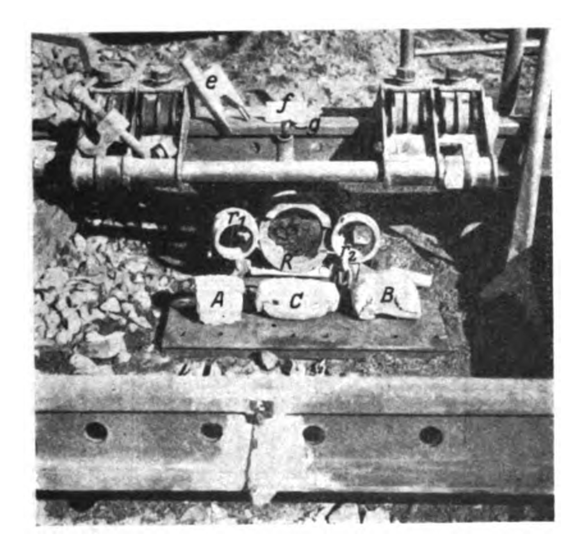


Abb. 17.
Eingußmodell e, Sandkern f mit Blechunterlage g, Kopfring R, mit Schlackenfänger, seitliche Spannringe r_1 r_2, Seitenkokillen A, B, Fußkokille C, unbearbeitete Schweißung.

von oben auf die Gußform gesetzt und durch Hammerschläge angetrieben, bis er mit seinen seitlichen Profilausschnitten fest auf dem Schienenkopf sitzt. Dadurch werden gleichzeitig die beiden Seitenringe r_1, r_2 in Spannung versetzt und die Formanpresser entlastet. Diese werden abgenommen und die ganze Gußform sitzt nunmehr von selbst dicht und fest am Schienenstoß. Sie hat nach außen noch drei Öffnungen, nämlich innerhalb der Ringe r_1, r_2, R. Zunächst wird nun der Verschlußring R mit Formsand ausgestampft und das Aluminiummodellstück e des Eingußkopfes herausgezogen. Damit ist der Formeinlauf fertiggestellt.

Nun kann die Vorwärmung (Abb. 18) des Stoffes und damit zugleich die Trocknung der Gußform beginnen. Zu diesem Zweck wird in eine der beiden seitlichen Ringöffnungen r_1 oder r_2 der Gasbrenner eingeschoben; der Gasstrom teilt sich; der größte Teil tritt aus der gegenüberliegenden Ringöffnung heraus, nachdem er ringsum den Schienenfuß bestrichen hat; der kleinere Teil entweicht nach oben durch den Gußhohlraum und tritt am Ring R durch die Einlauföffnungen aus. Schon nach wenigen Minuten ist das im Formsand enthaltene Wasser verdampft und die Trockenform somit hergestellt. Nach etwa 10 Minuten ist der Schienenfuß hellrot warm, was man durch die seitlichen Ringöffnungen feststellen kann. Eine von diesen wird dann durch einen Stopfen verschlossen und mit Formsand hinterstampft. Dadurch werden alle Heizgase gezwungen den ganzen Formhohlraum von Unten nach Oben zu durchströmen; sie bringen dann nach weiteren 10 Minuten auch den Schienenkopf auf Rotglut. Nach Abdichten der Blasöffnung mit einem Eisenstopfen, ist die Form gußfertig. Beim Guß wird der innere Blechwulst durch das aluminothermische Eisen verzehrt, alle übrigen

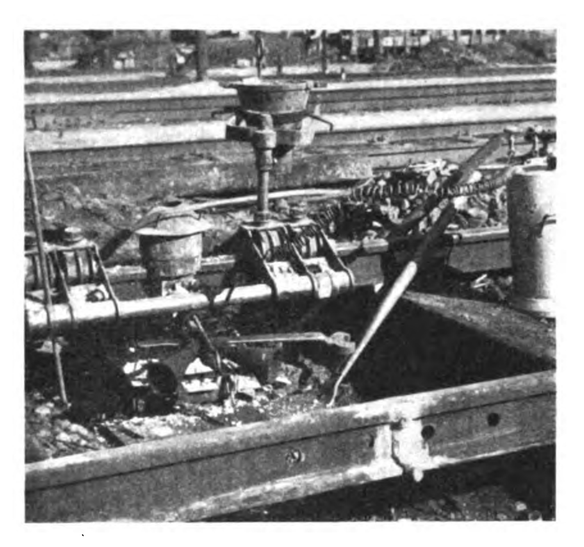


Abb. 18. Vorwärmegebläse, an die fertige Form angesetzt.

Teile werden wieder gewonnen. Die Erwärmung der Kokille ist so gering, dass sie äußerlich nicht sichtbar ist. Die äußere Temperatur wurde z. Z. ihrer größten Erwärmung, etwa 5 Minuten nach dem Guß, mittels Pyrometer in der Mitte der Kokille mit 300 Grad Celsius gemessen. Die dreifache Ringspannung hat sich als einfaches und sicheres Mittel erwiesen, die Form zuverlässig dicht an den Schienenstoß anzupressen.

Das Abnehmen der Formen (Abb. 19) nach dem Guß ist recht einfach; es werden die Ringe mit Brechstangen abgekippt. Die drei Kokillenteile lassen sich dann leicht abstossen, dabei bröckelt die getrocknete Sandschicht heraus, so daß die Kokillenteile wieder verwendbar sind. Bisher hat sich keinerlei Verschleiß an ihnen gezeigt; es ist anzunehmen, dass sie auch für eine fast unbeschränkte Anzahl von Schweißungen wieder benutzt werden können.

Zugleich mit der Erprobung der Stahlgußformen und den Versuchen für die zweckmäßigste Ausführungsart der Schweißungen in bezug auf die Vorwärmung und die Größe der Stauchung wurden Messungen (Abb. 20) der Vorwärmetemperatur vorgenommen. Diese konnten in der mit der Blechlasche ausgefütterten Gußhohlform genauer durchgeführt werden, als in den Sandformen, da die Ringöffnungen ein bequemeres Einführen und Lagern des Temperaturmeß-

stabes ermöglichten. Es wurden bei einer Vorwärmedauer von 20 Minuten in fünf Messungen unmittelbar nach Aufhören der Vorwärmung, Temperaturen von 750° C, 720° C, 600° C, 620° C, 780° C, sohin im Mittel 694° C in den Köpfen gemessen. Diese Temperaturen erniedrigten sich nach 3½ Minuten, die durchschnittlich gebraucht werden, um das Blasloch zu dichten und den Tiegelabstich für die Form vorzubereiten, um 50°. Die Temperatur der Schiene neben der Gußform betrug 5 Minuten nach dem Abstich in einer Entfernung von 110 mm ab Stoßmitte 250° C und in einer Entfernung von 200 mm 120° C.

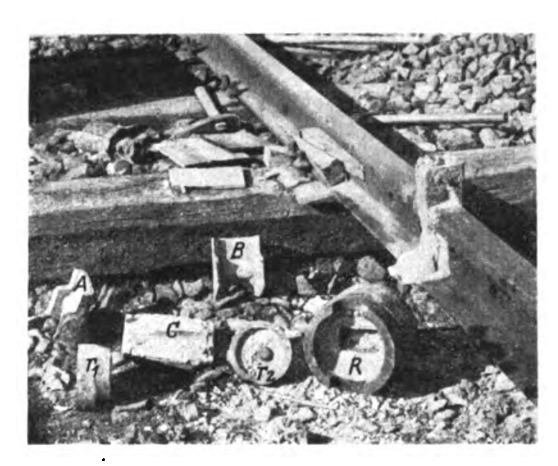


Abb. 19. Schweißstoß nach Abnahme der Gußform mit dem Eingußkopf und daneben liegenden Teilen der abgenommenen Stahlform.
Kopfring R seitliche Spannringe r_1 und r_2
Seitenkokillen A, B Fußkokille C

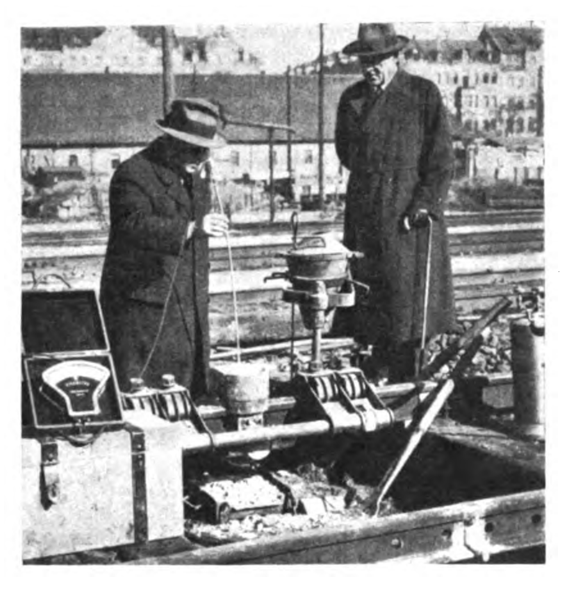


Abb. 20. Temperaturmessungen mittels Pyrometer.

Die Verteilung der Schweißwärme von der Stoßstelle nach dem Schienenende hin ist bei der Stahlgußform eine günstigere als bei der Sandform. Die schmale Stahlgußform ist wärmedurchlässig, die breite Sandform nicht. Erstere gibt daher einen Teil der abfließenden Schweißwärme an die Außenluft ab. Infolgedessen ist die Temperatur der Schiene neben einer Stahlgußform niedriger als bei einer Sandform, trotzdem diese Entfernung von der Stoßstelle aus gemessen im ersteren Fall kleiner ist als im zweiten Fall.

Obwohl bei den Versuchen die Gußform zu entsprechen schien, haben sich doch im geschweißten Stoß bei der Anwendung verschiedene Mängel ergeben:

1. Rund um den Schienenkopf bildeten sich zu beiden Seiten der Zwischengußzone kerbartige Einschnürungen (Abb. 21), die auch nach sorgfältiger Befeilung der Fahrflächen noch bemerkbar blieben. Dieser Mangel tritt bei den Sandformen nicht auf. Die Untersuchung ergab, daß die über einem Aluminiummodell ausgestampften und zuvor im Ofen getrockneten Sandformen nicht so dicht um den Schienenkopf schließen, wie die Stahlgußform, besonders nicht bei schon abgenützten Schienen, da der Sand nicht wie bei der Stahlgußform unmittelbar und fest auf den Schienenkopf aufgestampft wird. Bei den Sandformen läuft infolgedessen

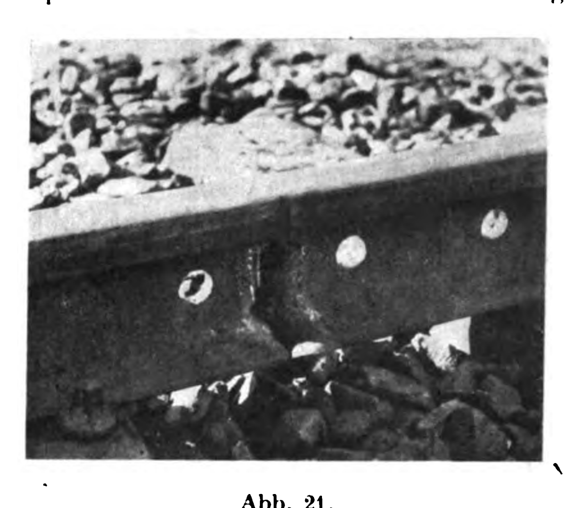


Abb. 21.
Bearbeiteter Schweißstoß mit Einschnürung an der Fahrkante.

ein Teil des aluminothermischen Eisens zwischen Schienenkopf- und Formwand und vermittelt hierdurch einen allmählichen Übergang des überstehenden Eisenwulstes zur

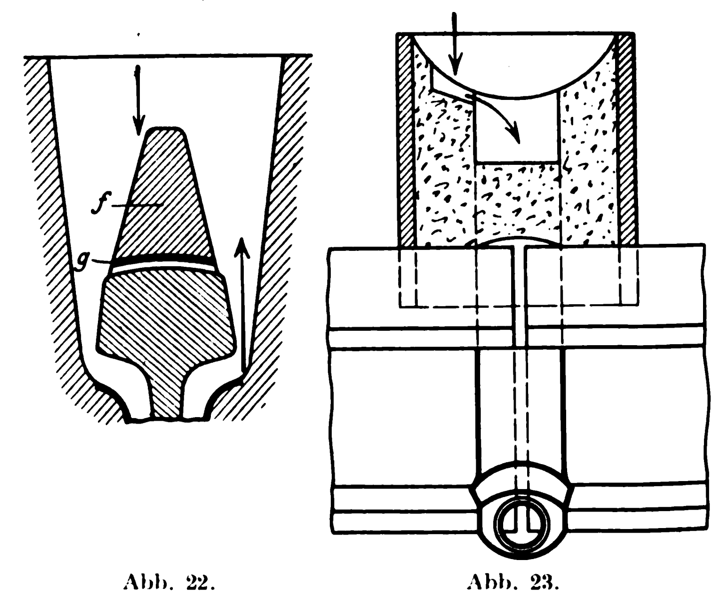


Abb. 22. Abb. 23.

Schiene um die Schweißfuge herum. Bei der Stahlgußform dagegen setzt dieser Wulst scharf an der Schienenkopffläche ab. An diesen Stellen entstehen dann bei Erstarrung des flüssigen Schweißeisens die Einschnürungen. Das Modell wurde geändert und dadurch der Mangel behoben.

2. Wiederholt zeigte sich, daß Lunkerteile durch den Einlauf bis in den Schienenkopf hineinragten. Dies war durch die zu geringe Höhe des Einlauftrichters verursacht.

3. Auch Schlacke drang bei dem Guß bis in den Schienenkopf, wenn der Tiegel nicht genau ausgerichtet war, so daß der Eisenstrahl nicht mitten auf den Scheitelpunkt im Einlauftrichter traf, sondern mehr oder minder einseitig an demselben

vorbeilief (Abb. 22). Die Form wird dann statt zweiseitig, einseitig gefüllt; die Schlacke drückt infolge ihrer lebendigen Kraft beim Fall das Eisen auf der gegenüberliegenden Seite hoch und gelangt so in den Schienenkopf. Deshalb wurde der bisherige gerade zentrale Einlauf dadurch gebrochen, daß man ihn zuvor an der abgeschrägten Formwand aufprallen ließ (Abb. 23). Diese Anordnung gewährleistet sicher den zweiseitigen Einlauf der Schweißmasse in die Form und verhindert, daß die Schlacke noch in das darunter befindliche, an sich schon spezifisch schwerere Eisen eindringen kann.

4. Schwierigkeiten machte endlich die Übergangsstelle des Blechwulstes zum Aluminiummodell des Einlauftrichters. Um einen dichten Anschluß des Blechwulstes unter dem Schienenkopf zu erhalten, endete die Blechlasche zuerst unter dem Schienenkopf und schnitt mit der unteren Schienenkante ab (Abb. 24). Bei a bildete sich ein toter Winkel, der von dem Gebläsewind nicht erfaßt und ausgeblasen wurde. Es blieben an dieser Stelle Formsand- und sonstige Schmutzeinschlüsse liegen, die dann in die Umgußlasche kamen (Abb. 25).

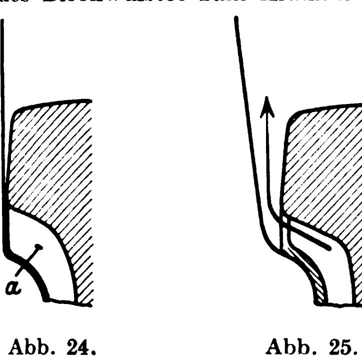


Abb. 24. Abb. 25.

Die ersten 21 Schweißungen litten mehr oder minder unter dem Einflusse vorgenannter Fehlerquellen; zwei Schweißungen, bei denen die Eingußlegierung den Schienenkopf nicht voll ausfüllte, wurden für Versuchszwecke aus dem Gleis entfernt. Die folgende Versuchsreihe von 20 Schweißungen macht einen einwandfreien Eindruck. Über die Bewährung im Dauerbetrieb kann aber noch kein Urteil abgegeben werden. Das Gleis muß erst noch den Winter über unter dem Betriebe beobachtet werden. Auch über die Kosten können noch keine bestimmten Angaben gemacht werden, weil bei den Versuchen nicht auf einen raschen Arbeitsfortschritt, sondern nur auf gute Ergebnisse gesehen wurde.

Das Gesamtergebnis der Versuche mit der Stahlgußdauerform ist zunächst folgendes:

Die Stahlgußform hat sich als eine bemerkenswerte Bereicherung der aluminothermischen Schweißapparatur gezeigt.

Die Benutzung an sich macht keinerlei Schwierigkeiten.

Das Ansetzen der inneren Blechlaschen geht schnell und sicher von statten.

Die äußeren Kokillenteile dichten, mit nassem Klebsand ausgestrichen und auf die Blechlaschen gepreßt, zuverlässig und selbsttätig ab.

Das Zusammenhalten der Kokillenteile durch die beiden Seitenringe und den Kopfring hat sich bewährt.

Die Vorwärmung ist in 25 Minuten gut mit einem Brenner durchzuführen.

Die Form vergießt sich vollständig ruhig.

Die Stahlgußform beseitigt jene minderwertigen Schweißungen, die zu Lasten beschädigter Sandformen zu setzen sind. Diese Verletzungen der Sandformen sind auf dem Transport zur Verwendungsstelle oder beim Ansetzen der trockenen Form an den Schienenstoß oft gar nicht zu vermeiden.

Die Stahlgußform erübrigt den Formtrockenofen mit Heizmaterial, erspart den Former für die Sandformherstellung, macht einen weiteren Mann der Schweißkolonne für Zubringerdienste wenn nicht ganz so doch teilweise entbehrlich, und erniedrigt die Kosten des Formsandverbrauches um etwa 70%.

Die nach den vorbeschriebenen Versuchen mit den neuen Stahlgußformen erzielten Schweißungen scheinen voll zu entsprechen. Es soll einer Fortsetzung dieses Aufsatzes vorbehalten bleiben, dieses durch metallographische und physikalische Untersuchungen des Metallgefüges zu beweisen. Diese Schweißart kann ohne Bedenken den bisher angewandten Verfahren an die Seite gestellt werden; sie verspricht sogar besser zu werden. Neben der technischen Eignung des Verfahrens für die Zwecke der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft ist jedoch auch die Wirtschaftlichkeit von ausschlaggebender Bedeutung. Um hierüber ziffernmäßigen Aufschluß zu erhalten ist es notwendig, noch eine größere Versuchsreihe an stark beanspruchten Betriebsgleisen durchzuführen und Vergleichsberechnungen anzustellen.

Befestigung von Schienen auf Mauerwerk.

Die sichere und dauerhafte Befestigung von Schienen auf Mauerwerkskörpern stößt von jeher auf Schwierigkeiten, die sich mit den zunehmenden Lasten naturgemäß ständig steigern. Obwohl diese Schwierigkeiten längst sattsam bekannt sind, hat sich noch keine vollständig befriedigende Lösung gefunden. In neuerer Zeit sind jedoch einige gute Ausführungen aufgetaucht, die besondere Beachtung verdienen.

Zur Beurteilung der verschiedenen Bauarten ist eine Betrachtung nötig, welchen Anforderungen die Befestigungsmittel überhaupt zu genügen haben. Die Hauptkraftwirkung, der lotrechte Druck, bietet die wenigsten Schwierigkeiten: es ist nur eine Höchstspannung von 35 km/cm² im Beton zu gewährleisten und dafür Sorge zu tragen, daß am Rande keine Abkeilungen eintreten, was am besten dadurch verhindert wird, daß man die Kraftübertragung möglichst tief in den Mauerwerkskörper hineinverlegt. Dies erfordern auch die infolge der Kontinuität der Schienen in den Befestigungsmitteln auftretenden Zugkräfte. Besondere Rücksicht verlangen die kleinen Pendelbewegungen der Schienenquerschnitte um die theoretischen Auflager, die sich am Schienenfuß in einem Gleiten in der Längsrichtung und einer Winkeländerung äußern. Um sie unschädlich zu machen ist ein Gleitkipplager von Vorteil. Daneben treten Seitenkräfte, Temperaturkräfte usw. auf, denen Rechnung getragen werden muß. Weitere Bedingungen stellt der Einbau, der ein leichtes Ausrichten und Vergießen der Befestigungsmittel verlangt, und die Notwendigkeit einer häufigen Auswechslung der Schienen, besonders an den Putzgräben, die eine Trennung der Befestigung der Schiene auf der Unterlage von der Befestigung der Unterlage auf dem Mauerwerk erfordert. Außerdem sollen die Unterlagsteile so ausgestaltet sein, daß sie den Angriffen des Rostes entzogen sind.

Unter teils mehr, teils weniger vollständiger Befolgung dieser Grundsätze haben die einschlägigen Firmen eine Reihe von neuen Konstruktionen geschaffen; insbesondere haben sich die „Vereinigten Flanschenfabriken und Stanzwerke“, Hattingen (Ruhr), die „Rheinische Eisengießerei und Maschinenfabrik“ Mannheim-Neckarsau und das Ingenieurbüro Hahmann, Hannover für die Frage interessiert. Die Konstruktionen zeigen teils die Form von einzelnen einbetonierten Hülsen, an denen die Schiene unmittelbar oder mittels einer Unterlagplatte befestigt wird, teils sind es gegossene oder aus Walzträgern geschnittene Stühle, die mit Ausnahme einiger Rippen ebenfalls vollständig einbetoniert werden. Die Drehbeweglichkeit wird durch Pappelholzzwischenlagen oder durch Wölbung der Oberfläche erreicht. Rein technisch scheint der Schienenstuhl von Hahmann am besten durchgebildet zu sein, doch kann erst die Zukunft lehren ob nicht die anderen Erzeugnisse in wirtschaftlicher Hinsicht überlegen sind. Sp.

(Gleistechnik 1928, Heft 18.)

Die Spurkranzschweißung, Ergebnisse und Erfahrungen.

Von **Max Reiter**, Neuaubing.

Hierzu Tafel 1.

Das Streben nach Erhöhung der Wirtschaftlichkeit hat auf dem Gebiete der Schweißtechnik eine starke fortschrittliche Entwicklung hervorgerufen. So fand das Lichtbogenschweißen auch Anwendung zum Aufschweißen an Spurkränzen von Wagen- und Lokomotivrädern. Im nachstehenden soll über den jetzigen Stand der Entwicklung und die bisherigen Erfahrungen und Versuche unter besonderer Berücksichtigung der Lokomotivreifenschweißung zusammenhängend berichtet werden*).

A. Bisherige Erfahrungen und wirtschaftliche Erfolge beim Aufschweißen von Wagenradreifen.

Überwiegend wird die Spurkranzschweißung vorerst bei Wagenradreifen angewandt, da bei diesen die Schweißung keinen Schwierigkeiten begegnet.

Von besonderer Wichtigkeit ist die wirtschaftliche Seite der Spurkranzschweißung. Die nachstehende Übersicht soll die Erfolge zeigen, welche mit der im Reichsbahnausbesserungswerk Neuaubing aufgestellten Spurkranzschweißmaschine in den ersten zwei Betriebsjahren erreicht wurden. Mit dieser Maschine wurden in der Betriebszeit vom 1. 1. 1926 bis 31. 12. 1927 (24 Monate) 107 Lokomotivradreifen und 2743 Wagenradreifen, zusammen 2850 Radreifen aufgeschweißt. Die Arbeitszeit für einen Lokomotivradreifen ist zu setzen gleich der 2,5fachen für den Wagenradreifen. Die Leistung der Maschine entspricht also in 24 Monaten 3011 Wagenradreifen.

Bei jährlich 300 Arbeitstagen ist das eine durchschnittliche Tagesleistung von fünf Wagenradreifen.

Verschweißte Drahtmenge in 24 Monaten . .	9869,0 kg
Verbrauchte elektrische Leistung (einschl. der Hilfsmotoren)	45169,0 kWh
Demnach verbrauchte elektrische Leistung je kg verschweißten Draht	4,58 kWh
Gesamte Ausgaben (Schweißdraht, Hilfsstoffe, Arbeitslohn, elektrischer Strom, Verzinsung, Zuschlag für allgemeine Unkosten, jedoch ohne Tilgung	19570,21 ℛℳ
Ein kg verschweißter Draht kostet demnach im aufgetragenen Zustand	1,98 ℛℳ
Erspart wurden an Radreifenstahl	122347,30 kg
Das entspricht einem Wert von	77470,13 ℛℳ
Durch je ein kg aufgeschweißten Draht im Werte von 1,98 ℛℳ wurden erspart 12,4 kg nutzbaren Radreifenstahles im Werte von	7,90 ℛℳ
Die Ersparnis beträgt also 3,97 ℛℳ für je 1 ℛℳ Aufwand.	
Der Reingewinn betrug in 24 Monaten: 77470,13 — 19570,21 = 57899,92 ℛℳ	
Die Maschine kostete einschl. Aufstellung, elektrische Anschlüsse, Anteil an den Gleiseanlagen und nachträglicher werterhöhender Arbeiten	26025,20 ℛℳ
Dieser gesamte Anlagewert war nach 10½-monatlicher Betriebszeit getilgt. Darüber hinaus wurde in weiteren 13½ Monaten Betriebszeit erzielt ein Überschuß von .	31874,72 ℛℳ

Wie aus der Zusammenstellung ersichtlich ist, war die Maschine überwiegend mit dem Aufschweißen von Wagenradreifen beschäftigt. Zudem wurden während der oben erwähnten Betriebszeit zeitraubende Versuche ohne produktive Leistung vorgenommen. Trotzdem ist das wirtschaftliche Ergebnis sehr befriedigend.

B. Die Entwicklung der Lokomotivreifenschweißung.

Mit Einführung des Spurkranzschweißverfahrens an Wagenrädern ging man auch dazu über Lokomotivreifen nach diesem Verfahren aufzuschweißen. Bei diesen ist die wirtschaftliche Ersparnis um ein Vielfaches höher als bei den Wagenradreifen. Es müssen nämlich sämtliche Reifen der gekuppelten Radsätze einer Lokomotive wegen eines scharfen Reifens abgedreht werden, da alle den gleichen Laufkreisdurchmesser besitzen müssen. Durch das Aufschweißen derartiger scharfer Reifen könnten also jedesmal mehrere 100 kg wertvolles Reifenmaterial vor dem Spänekasten gerettet werden.

Man erlebte jedoch schon bei den ersten Versuchen die unangenehme Überraschung, daß einzelne Lokomotivreifen nach erfolgter Schweißung sprangen und zwar spätestens in dem Augenblick, in dem der Drehstahl auf der Raddrehbank am Radreifen angesetzt wurde. Nach dem Abdrehen ist noch kein Reifen gesprungen. Man vermutete, und zwar mit Recht, wie vorgenommene Versuche zeigten, daß allzugroße Schrumpfspannungen den Bruch begünstigen könnten. Weiter nahm man an, daß die Gegengewichte der Lokomotivräder infolge ihrer ungleichen Massenverteilung bei der Erwärmung durch das Schweißen ein Unrundwerden des Felgenkranzes bewirken. Diese zusätzlichen Spannungen begünstigen den Bruch des Reifens.

Leider konnte bis jetzt dieser Erscheinung noch nicht mit Erfolg begegnet werden. Auch war bis jetzt noch keine klare Gesetzmäßigkeit der Brüche zu beobachten. Es sprangen sowohl kleine wie große Reifen, der Durchmesser scheint also keinen Einfluß zu haben. Dagegen liegen die Brüche fast durchweg in der Nähe des Gegengewichtes oder ihm gegenüber. Rekristallisationserscheinungen können auf keinen Fall als Ursache angenommen werden. Jedenfalls genügten die angeführten Vermutungen nicht, um die Bruchursache zu klären. Bei den Wagenradreifen wurden derartige Erscheinungen bis jetzt nur in ganz vereinzelten Fällen beobachtet.

Anfangs suchte man dem Springen der Reifen dadurch zu begegnen, daß man die Schweißmaschinen mit Bretterwänden umbaute oder sie in eigens dafür bestimmten abgeschlossenen Räumen aufstellte, so z. B. im Reichsbahnausbesserungswerk Neuaubing, um die Reifen vor Zugluft während des Schweißvorganges zu schützen. Ausserdem wurden die Reifen vor Beginn der Schweißung durch Gasbrenner mit Preßluftgebläse auf etwa 200° C angewärmt und nach beendigter Schweißung mit Decken umhüllt zum Schutz gegen zu schroffe Abkühlung. Man ließ die umhüllten Reifen vorerst auf Holzunterlagen stehen um zu vermeiden, daß sie vorzeitig auf die Schienen gestellt werden. Alle diese Maßnahmen erwiesen sich aber im Laufe der Zeit mehr oder weniger als ungenügend.

Um nun über die Spannungsverhältnisse aufgeschweißter Reifen ein Bild zu bekommen, wurden im Reichsbahnausbesserungswerk Neuaubing zwei Versuchsreihen durchgeführt.

Als Versuchsstücke standen zur Verfügung:

a) Lokomotivräder der bayr. Gattung B IX mit 1870 mm Laufkreisdurchmesser und Zugfestigkeiten von 75, 80 und 81 kg/mm² in den Laufflächen und 70, 80 und 80 kg/mm² in den Stirnflächen, ermittelt nach der Härte.

*) Gollwitzer, Aufschweißen von Radspurkränzen, Organ Heft 11 vom 15. September 1924. — Gollwitzer, die Wirtschaftlichkeit der Spurkranzschweißung, Eisenbahnwerk, Heft 11, 1926.

b) Speichenwagenräder mit Zugfestigkeiten von 60 und 62 kg/mm² in den Laufflächen und 55 und 62 kg/mm² in den Stirnflächen, ebenfalls ermittelt nach der Härte.

I. Versuchsreihe:

Verhalten der Trennfugen beim Aufschneiden von geschweißten und ungeschweißten Reifen mit einem Sägblatt von 4 mm Dicke.

a) Wagenradreifen:

Bei einem geschweißten Reifen blieb nach dem Schnitt eine Trennfuge von 1,5 mm bestehen; bei einem ungeschweißten schlossen sich die Schnittflächen unter starkem Druck vollkommen.

b) Lokomotivreifen:

Aufgeschnitten wurden zwei geschweißte und ein ungeschweißter Reifen. Von den geschweißten Reifen öffnete sich die Schnittfuge des einen auf 18 mm, die des andern ging sofort nach dem Schnitt unter starkem Druck zusammen; ebenso verhielt sich die Schnittfuge des ungeschweißten Reifens.

Die Anzahl der Versuchsreifen war zu gering, um ein klares Bild darüber geben zu können, in welcher Art das Aufschweißen die Spannung im Reifen beeinflußt. Das Verhalten geschweißter Radreifen dürfte anscheinend mehr oder weniger von der Größe der Schrumpfspannung, die in dem Reifen durch das Aufziehen noch vorhanden ist, beeinflußt werden.

II. Versuchsreihe:

Messen der Temperatur und der dadurch bedingten Formänderungen von Reifen, Felge und Gegengewicht beim Vorwärmen, Schweißen und Abkühlen.

Untersucht wurden:

a) Wagenradreifen:

1 Stück gelaufener Radreifen, abgedreht, Felge beim Schweißen nicht gekühlt.

1 Stück gelaufener Radreifen, nicht abgedreht, Felge beim Schweißen nicht gekühlt.

b) Lokomotivreifen:

1 Stück gelaufener Radreifen, nicht abgedreht, Felge beim Schweißen nicht gekühlt.

1 Stück gelaufener Radreifen, leicht abgedreht, Felge beim Schweißen nicht gekühlt.

1 Stück gelaufener Radreifen, nicht abgedreht, Felge beim Schweißen gekühlt.

Der Temperaturverlauf während der Vorwärmung, Schweißung und Abkühlung und die Formänderungen sind in der Abb. 1 bis 4, Taf. 1 dargestellt. Bei den Temperaturkurven sind auf der Abszisse die Zeitpunkte der Ablesungen — jedes Thermometer wurde nach je einer ¼ Umdrehung abgelesen —, auf der Ordinate die dazugehörigen Temperaturen aufgetragen. Vom Ende der Schweißung bis zur Beendigung der Abkühlung wurde nach jeder Umdrehung eine Pause von einer halben Stunde eingeschaltet. Bei den Formänderungskurven sind nur die wichtigsten dargestellt, und zwar jeweils die Formänderung während der dritten Umdrehung der Schweißung und der darauffolgenden ersten Umdrehung der Abkühlung.

Die Anordnung der Thermometer ist für Wagenräder aus Textabb. 1 und 2, für Lokomotivräder aus Textabb. 3, 4a und b ersichtlich. Die Textabb. 1 und 3 geben auch die Anordnungen der Vorrichtung, die zum Messen der Formänderung benützt wurde, wieder. Die Vorrichtung ist ähnlich einem Stangenzirkel ausgebildet, an dessen einem Ende zwei verstellbare Reißnadeln angebracht sind. Das andere Ende ist als eine um den Achsschenkel drehbare Hülse ausgebildet. Der Achsschenkel lag bei diesen Lokomotivradsätzen außen.

In die blanken Stirnflächen des Reifens und der Felge wurden im kalten Zustande, also vor der Schweißung oder

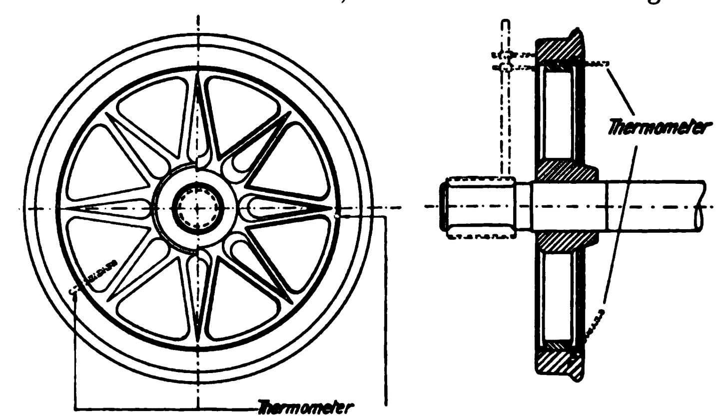


Abb. 1. Anordnung der Thermometer und des Stangenzirkels zum Messen der Temperaturen und Formänderungen beim Spurkranzschweißen von Wagenrädern.

Vorwärmung, je ein Kreis eingeritzt. Während des Arbeitsvorganges wurde dann über jeder Speiche der angerissene Kreis nachgeprüft und gegebenenfalls die Veränderung des Halbmessers festgestellt.

Vorgewärmt wurden nur die Lokomotivräder; die Wagenräder wurden ohne Vorwärmung geschweißt. Das Vorwärmen bei Lokomotivradreifen erfolgte durch zwei Gasflammen, die 90° vor und hinter den Elektroden angeordnet waren. Durch Asbestplatten war dafür gesorgt, daß die Flammen nur den Radreifen, nicht die Felge oder die Speichen trafen.

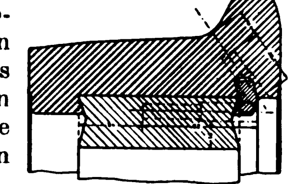


Abb. 2. Lage der Bohrungen im Reifenquerschnitt (Wagenradreifen) für die Aufnahme der Thermometer.

c) Beobachtungen bei den Versuchen:

1. Gelaufenes Wagenrad, abgedreht (hierzu Abb. 1a und b, 3a auf Taf. 1):

Die Felge dehnte sich während des Schweißens bedeutend stärker aus als der Reifen. Am Ende der dritten Umdrehung betrug die Ausdehnung der Felge bis zu 100 v. H. mehr als die des Reifens.

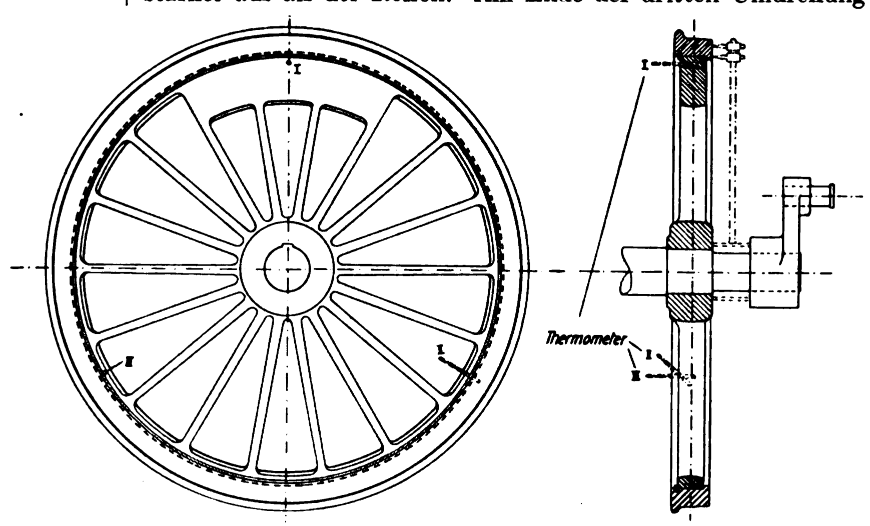


Abb. 3. Anordnung der Thermometer und des Stangenzirkels zum Messen der Temperaturen und Formänderungen beim Spurkranzschweißen von Lokomotivrädern.

Die Temperatur des Reifens steigt von Beginn der

Schweißung bis die Meßstelle eine $1/4$ Umdrehung zurückgelegt hat. Von hier ab bleibt sie annähernd gleich, bis die Elektroden wieder erreicht sind. Während der zweiten Umdrehung wiederholt sich der Vorgang. Die höchste Temperatur mit 140° C wird während der dritten Umdrehung erreicht. Von da ab fällt die Temperatur ziemlich rasch auf etwa 90° C, um sich dann langsam und stetig abzukühlen.

Die Felgentemperatur verhält sich ähnlich wie die des Reifens mit dem Unterschied, daß die Temperatur hier wesentlich rascher und höher (170° C) steigt. Deshalb überschneiden sich auch beide Kurven. Dieser Vorgang läßt auf ein ziemlich rasches Abfließen der Wärme in die Felge schließen.

Die Abkühlung der Felge verläuft, wie die des Reifens, stetig. Zu Beginn der ersten Umdrehung ist sogar noch ein Steigen der Temperatur zu beobachten. Entsprechend ihrer stärkeren Ausdehnung, hervorgerufen durch die höhere Temperatur, nimmt sie ihre ursprüngliche Form auch wieder später ein als der Reifen.

Zweifellos treten durch den Unterschied der Temperatur und Ausdehnung zwischen Felge und Reifen im letzteren ganz erhebliche Spannungen auf.

2. Gelaufenes Wagenrad, nicht abgedreht (hierzu **Abb. 1c und d, 3b auf** Tafel 1):

Im Gegensatz zu obigem steigt hier die Reifentemperatur rascher und höher. Höchste Temperatur des Reifens etwa 170° C, der Felge 160° C. Der Unterschied ist nicht wesentlich. Daß die Reifentemperatur höher lag, kommt auch in der stärkeren Formänderung des Reifens zum Ausdruck.

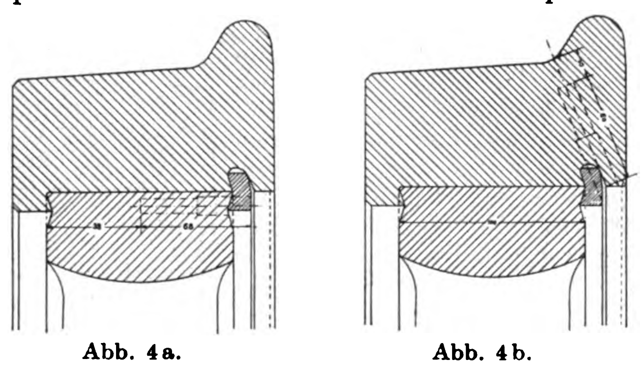


Abb. 4a. Abb. 4b.

Abb. 4a und 4b. Lage der Bohrungen im Reifenquerschnitt (Lokomotivradreifen) für die Aufnahme der Thermometer.

Auffallenderweise hatten Felge und Radreifen bei der Abkühlung schon nach der zweiten Umdrehung ihre ursprüngliche Form wieder eingenommen.

3. Lokomotivrad nicht abgedreht, Felge nicht gekühlt (hierzu Abb. 3c und f, 4c auf Tafel 1):

Hier sind die Temperaturen und die Ausdehnungsverhältnisse ganz ähnlich denen unter 1. Die höhere Temperatur der Felge bedingt eine größere Ausdehnung. Das Gegengewicht bleibt in bezug auf Temperatur naturgemäß unter dem Reifen und der Felge infolge seiner Masse.

Die Abkühlung erfolgte entsprechend den vorhergegangenen Erwärmungsvorgängen.

4. Lokomotivrad, abgedreht, Felge nicht gekühlt (hierzu Abb. 3c und d, 4b auf Tafel 1):

Die Temperaturen und Formänderungen sind dieselben wie unter 2. Bei höherer Reifentemperatur haben wir auch eine stärkere Ausdehnung des Reifens. Die verschiedene Ausdehnung der Felge und des Reifens dürfte lediglich auf ungleiche Schrumpfspannung zurückzuführen sein.

5. Lokomotivrad, nicht abgedreht, Felge gekühlt (hierzu Abb. 3a und b, 4a auf Tafel 1):

Die Felge wurde durch Auflegen von nassen Schmierpolstern zwischen die Speichen gekühlt. Die Schmierpolster wurden während der Versuche wiederholt mit kaltem Wasser getränkt. Der Einfluß der Kühlung zeigte sich schon bei der Vorwärmung. Felge und Reifen dehnten sich trotz derselben Vorwärmungsart nicht in dem Maße aus, wie unter 3. und 4. Im Gegensatz hierzu betrug die Ausdehnung des Reifens gegenüber der Felge bis zu 150 v. H. mehr, was natürlich auf eine geringere Felgentemperatur schliessen läßt als unter 3. und 4. Die Temperatur des Gegengewichtes ist bei allen drei Versuchen annähernd dieselbe. Da die nassen Polster innerhalb der Speichen auf das Gegengewicht aufgelegt wurden, war der Einfluß der Kühlung auf die große Masse des Gegengewichtes unbedeutend.

Nach Beendigung der Schweißung wurde die Felge nicht weiter gekühlt. Sie hatte entsprechend ihrer geringeren Temperatur ihre ursprüngliche Form wieder sehr rasch eingenommen.

Wie schon eingangs erwähnt ist die Zahl der Versuche zu gering, um ein abschließendes Urteil zu ermöglichen.

Das verschiedene Maß der Formänderung des Reifens und der Felge hat seine Ursache wohl darin, daß beim Schweißen diejenige Temperatur, auf die seinerzeit beim Aufschrumpfen der Radreifen angewärmt wurde, nicht mehr erreicht wird. Wie aus den Temperaturkurven zu ersehen ist, betrug die höchste Temperatur im Reifen etwa 170° C. Dagegen beträgt die Temperatur beim Aufschrumpfen etwa 250° C. Der Reifen hat also im Gegensatz zur Felge überhaupt keinen Grund seine Form unter dem Einfluß seiner eigenen Erwärmung zu verändern. Seine wirkliche Ausdehnung wird wohl zum großen Teil nur durch den Innendruck der erwärmten Felge hervorgerufen.

Zweifellos begünstigen die dadurch im Reifen entstehenden Spannungen das Eintreten von Brüchen und bilden somit ein Gefahrmoment. Die Kühlung der Felge kann also nur günstig wirken. Jedoch wird auch sie Brüche kaum ganz vermeiden können.

Würde man die Temperatur der Felge auf etwa 20—30° C halten können, so wären dieselben Wärmeverhältnisse im Reifen vorhanden, wie beim Aufschrumpfen. Es besteht allerdings der Unterschied, daß der Reifen bereits auf der Felge sitzt. Auch wird beim Aufziehen der Reifen am ganzen Umfang erwärmt, während beim Schweißen die Wärme nur an zwei Stellen zugeführt wird. Eine Felgentemperatur von 20—30° C während der Schweißung läßt sich durch Kühlung praktisch wohl kaum einhalten. Außerdem könnten die Brüche trotzdem nicht verhindert werden, aus Gründen, die später noch ausführlicher besprochen werden sollen.

Überraschend niedrig war die Temperatur, die innerhalb des Radreifens in einer Entfernung von nur 10—12 mm von der Schweißstelle auftritt. Da in der letzteren der Reifenstahl flüssig ist, also eine Temperatur über 1400° C besitzt, muß das Abfließen der Wärme von der Schweißstelle aus über den ganzen Reifenquerschnitt in einem sehr steilen Gefälle erfolgen. Daraus erklärt sich die verhältnismäßig hohe Felgentemperatur gegenüber dem Reifen.

Die Beobachtung dieser Tatsache scheint mir von allgemeiner Wichtigkeit für die Erkenntnis von Schweißvorgängen zu sein.

C. Bruchursache bei geschweißten Lokomotivradreifen.

Die Auftragschweißung dient hauptsächlich der Wiederherstellung abgenützter Massenteile. Meistens wird von einer derartigen Schweißung verlangt, daß sie hohen Verschleißwiderstand besitzt, dagegen wird im allgemeinen auf Dehnung und Kerbzähigkeit weniger Wert gelegt. Demnach könnte man Draht beliebig hoher Härte aufschweißen, um den gewünschten Verschleißwiderstand zu erreichen. Die Erfahrung lehrt aber, daß dies nur bedingt richtig ist und daß dabei verschiedene Einflüsse zu berücksichtigen sind, wie Form und Härte des

Werkstückes, Verwendungszweck usw. Der C-Gehalt des Auftragmaterials darf höchstens bis 0,2 v. H. betragen, wenn Brüche vermieden werden sollen.

Nun ist es aber bei der Lokomotivreifenschweißung bis jetzt, trotz Verwendung von ganz weichem Schweißdraht (etwa 0,1 v. H. C), noch nicht gelungen, Brüche ganz zu vermeiden. Alle bisherigen Versuche konnten diesem Übel noch nicht abhelfen und vermochten auch nicht die Bruchursache restlos aufzuklären.

Im folgenden soll nun das Springen aufgeschweißter Lokomotivreifen durch Betrachtung der Lichtbogenschweißung vom metallurgischen Standpunkt aus näher untersucht werden.

In diesem Falle werden zwei Stoffe durch Schmelzen der Oberfläche des Werkstückes und des Zusatzstoffes miteinander fest verbunden. Die im Augenblick des Schweißens noch flüssige Stelle besitzt eine Temperatur von etwa 1400° C. Infolge der mehr oder weniger großen Masse des Werkstückes wird die durch den Lichtbogen zugeführte Wärme in einem sehr steilen Gefälle abgeleitet, wie oben festgestellt wurde. Unmittelbar nach Verlassen des Lichtbogens ist die eben noch flüssige Schweißstelle bereits erstarrt und bis etwa 200° C abgekühlt. Die Schweißstelle durchläuft also sämtliche Phasen durchgewärmt ist und dann abgeschreckt wird, wird hier das kalte Werkstück an der Oberfläche zum Schmelzen gebracht, während das Innere kalt bleibt. Die Oberfläche hat das Bestreben sich entsprechend der Abkühlung mit dem Schweißgut, da beide Teile festverbunden sind, zusammenzuziehen bzw. das Volumen zu verkleinern. Daran wird es aber durch das Innere des kalten Reifens gehindert. Folglich ist das Schweißgut gezwungen, ein größeres Volumen einzunehmen als ihm zusteht und als es einnehmen würde, wenn die Schweiße für sich allein abkühlen würde.

Zu den reinen Wärmespannungen treten dann noch Spannungen, die durch die ungleiche Verteilung der Gefügebestandteile hervorgerufen werden, welche überdies verschiedene spezifische Volumina besitzen. Das Auftreten von Martensit am Rande und Troostit oder Sorbit im Übergang bedingt auf Grund des höheren spezifischen Volumens des Martensits das Auftreten von Spannungen, letzten Endes haben aber auch die Gefügespannungen ihren Ursprung in der ungleichen Abkühlung.

Eine Folge der verschiedenen Abkühlung ist also das Auftreten von Spannungen, Volumenänderungen usw. und es besteht die Gefahr, daß an der Oberfläche der Schweiße Haarrisse auftreten, so daß der Reifen an der Oberfläche einreißt.

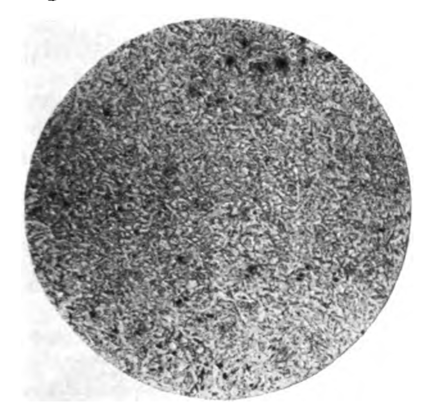


Abb. 5. Kleingefüge der Schweißstelle, martensitische Struktur, 100fach vergrößert.

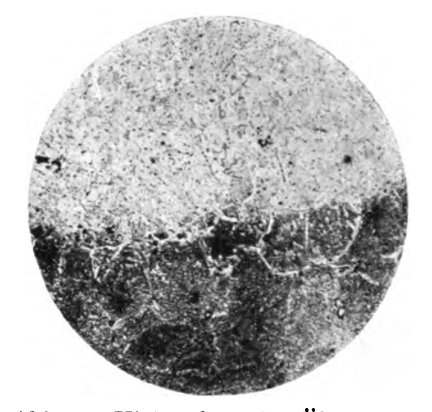


Abb. 6. Kleingefüge der Übergangsstelle, in der Hauptsache sorbitische Struktur, 100fach vergrößert.

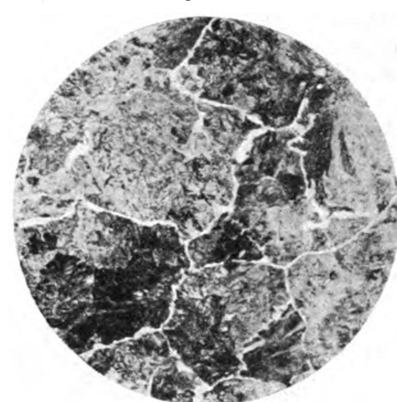


Abb. 7. Radreifenmaterial Ferrit-Netzwerk, 100fach vergrößert.

der Erstarrung und Abkühlung in wenigen Sekunden, weshalb die Abkühlung nicht mehr als solche im üblichen Sinne zu bezeichnen ist, sondern einer Abschreckwirkung wie beim Härten gleichkommt. Wir finden auch, wie beim Härten, in der Schweißzone in der Hauptsache martensitische Struktur (Textabb. 5), in der Übergangszone Abschreck-Troostit übergehend in Sorbit (Textabb. 6) und im eigentlichen Werkstück, je nach Beschaffenheit, mehr oder weniger Perlit (Textabb. 7).

Wie schon erwähnt, wird beim Aufschweißen von Radspurkränzen Draht von höchstens 0,1 v. H. C-Gehalt verwendet, so daß der Einwand erhoben werden könnte, ein Material mit derartig geringem C-Gehalt sei nicht härtbar. Demgegenüber muß darauf hingewiesen werden, daß auch ein niedrigkohlenstoffhaltiges Material in der Lage ist beim Abschrecken seine Härte zu steigern. Der Gefügeaufbau einer Lichtbogenschweißung ist also, wie Textabb. 5 bis 7 zeigen, ganz ähnlich einem unvollkommen durchgehärteten Werkstück mit dem Unterschied, daß wir es bei letzterem im Kern nur mit Troostit bzw. Sorbit und in der Oberfläche mit Martensit zu tun haben. Folglich treten auch bei der Lichtbogenschweißung dieselben störenden Nebenerscheinungen wie beim Härten auf.

Die Temperatur- und somit auch die Abkühlungsunterschiede und die dadurch bedingten Volumenänderungen sind hier noch wesentlich größer als beim Härten. Während dort das zu härtende Werkstück zunächst vollkommen gleichmäßig

Dies wird um so eher eintreten, je kleiner die Bruchdehnung gegenüber der erforderlichen Dehnung ist. Naturgemäß treten also von der Schweißstelle aus ausgeprägte Materialspannungen auf, die sehr häufig ohne äußere Ursache zum Bruch führen in Form von radialen Rissen, die sich in allen Fällen durch den ganzen Querschnitt des Reifens fortsetzen. Die Hauptursache des Springens aufgeschweißter Lokomotivradreifen ist also unzweifelhaft das Auftreten dieser gefährlichen Haarrisse, man kann sie auch Härterisse nennen. Selbstverständlich wird infolge der geringeren Bruchdehnung die Bruchgefahr um so größer, je höher die Festigkeit des Werkstückes und des Zusatzstoffes ist (vergl. Textabb. 8 und 9). Bei beiden Bildern besitzt das Werkstück eine Festigkeit von etwa 60 kg/mm², während der Schweißdraht bei Textabb. 8 etwa 0,5—0,6 v. H. C und bei Textabb. 9 etwa 1 v. H. hat. Die infolge Materialspannung aufgetretenen Risse, die bis in das Werkstück hineinreichen, sind in diesen Bildern sehr deutlich zu erkennen.

Die Erscheinung, daß mit zunehmender Festigkeit des Werkstückes und des Zusatzstoffes die Bruchgefahr steigt, ist bei der Spurkranzschweißung einwandfrei festgestellt worden. Während beim Aufschweißen von Wagenradreifen das Springen nur ganz vereinzelt auftrat, ist dies bei Lokomotivreifen wesentlich häufiger der Fall. Bis jetzt sind 3—5 v. H. aller geschweißten Lokomotivreifen gesprungen, wodurch aber die Wirtschaftlichkeit in keiner Weise in Frage gestellt wird. Nach den Lieferbedingungen des Reichsbahn-Zentralamts Berlin

sind für die einzelnen Reifensorten folgende Festigkeiten vorgeschrieben:

a) Lokomotivreifen 80—92 kg/mm²
b) Tenderreifen 70—82 kg/mm²
c) Triebwagenreifen je nach Beanspruchung 70—92 kg/mm²
d) Wagenradreifen 60—72 kg/mm².

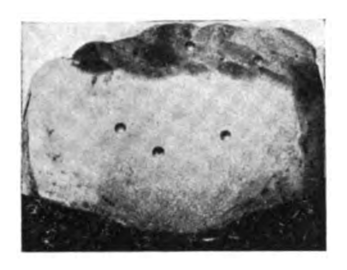


Abb. 8. Makroskopisch geätzt, Lichtbogenschweißung mit Schweißdraht von 0,5 bis 0,6 v. H. C-Gehalt, nat. Größe.

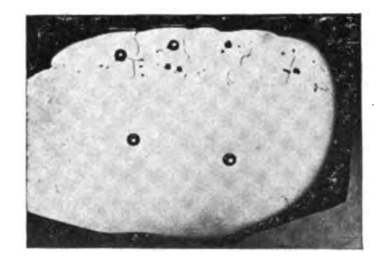


Abb. 9. Ungeätzt, Lichtbogenschweißung mit Schweißdraht von 0,1 v. H. C-Gehalt, nat. Größe.

Hieraus ist zu ersehen, daß die Lokomotivreifen, die beim Schweißen am meisten zum Zerspringen neigen, die höchste Festigkeit besitzen. Dabei soll aber nicht gesagt sein, daß nicht auch Reifen mit geringerer Festigkeit springen. Jedenfalls ließ sich eine Gesetzmäßigkeit noch nicht feststellen.

Letzten Endes liegen bei der Spurkranzschweißung gegenüber anderen Lichtbogenschweißungen die Verhältnisse noch besonders ungünstig. Der Reifen ist ein geschlossener Ring, der an und für sich schon eine beträchtliche Spannung durch das Aufschrumpfen besitzt. Außerdem wurde bei gesprungenen Reifen zum Teil eine erhebliche Überhitzung des Reifens selbst festgestellt, die naturgemäß, infolge des ungünstigen Einflusses

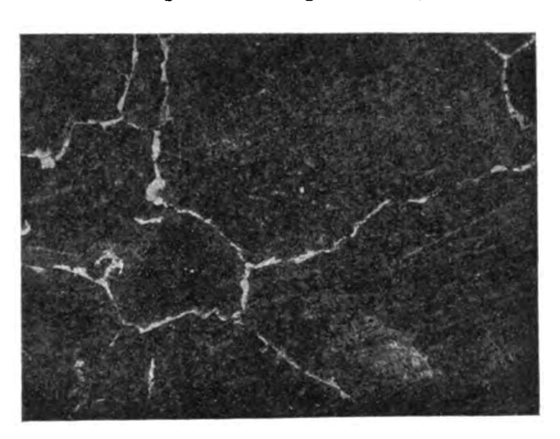


Abb. 10. Überhitztes Radreifenmaterial, starke Kornvergrößerung, 165 fach vergrößert.

auf die Dehnung, den Bruch begünstigt (Textabb. 10). Diese Überhitzung ist nicht etwa auf die Schweißung zurückzuführen, sondern es waren, wie mikrographische Untersuchungen zeigten, die Überhitzungserscheinungen auf dem ganzen Querschnitt zu beobachten, müssen also aus der Fertigung des Reifens stammen.

Daraus, daß außer den bereits erwähnten Umständen noch verschiedene andere Einflüsse, wie ungleiche Massenverteilung infolge des Gegengewichts, zu hohe Festigkeit — es wurden auch schon Festigkeiten, ermittelt nach der Härte von 100 kg/mm² und mehr festgestellt — den Bruch begünstigen, dürfte der Umstand zu erklären sein, daß nur einzelne Reifen springen.

D. Vermeidung des Bruches von geschweißten Reifen.

Das Schweißen beeinflußt den Reifen insofern, als die Spannung im Reifen erhöht und die Dehnung vermindert wird, mit anderen Worten, das Schweißen stellt eine Oberflächenstörung dar, der einzelne Reifen nicht gewachsen sind, so daß sie zu Bruch gehen.

Die Spannung könnte am einfachsten dadurch vermindert werden, daß man den Reifen rotwarm aufschweißt, was aber vorerst aus praktischen und wirtschaftlichen Gründen undurchführbar ist. Deshalb müssen die zukünftigen Versuche eine erhöhte Vorwärmung und eine verzögerte Abkühlung zu erreichen suchen. Könnte die Schweißraupe unmittelbar nach der Schweißung einige Zeit im Temperaturgebiet der plastischen Formänderung erhalten werden, so würden sich die Spannungen in der Schweißraupe durch bleibende Formänderungen ausgleichen und die Haarrisse könnten vermieden werden.

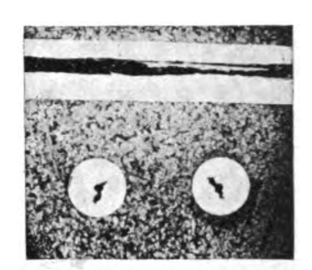


Abb. 11. Schweißdraht mit Schlackenzusatz im Quer- und Längsschnitt. Zweifach vergrößert.

Der Schweißdraht muß im aufgetragenen Zustand eine möglichst große Dehnung besitzen, um die entstehenden Spannungen bei der Abkühlung aufnehmen zu können, damit das Auftreten von Haarrissen vermieden wird. Dem sind natürlich durch den verlangten Verschleißwiderstand bestimmte Grenzen gezogen.

Gegenwärtig sind Versuche zur Vermeidung von Brüchen im Gange, die sich in der entgegengesetzten Richtung bewegen. Man will durch schroffes Abkühlen der geschweißten Reifen unmittelbar hinter dem Lichtbogen die Wärmeeinwirkung auf kleinsten Bereich beschränken.

Es ist nicht anzunehmen, daß durch dieses Verfahren die ungleiche Abkühlung der Schweißstelle etwa gleichmäßiger und so die Ungleichheit der Gefügebestandteile vermieden wird. Die Abkühlung kann, um den Lichtbogen nicht zu beeinflussen, nur in einer bestimmten Entfernung davon erfolgen und somit auf den Kristallisationsvorgang der Schweißstelle keinen Einfluß mehr ausüben. Man kommt also mit der Wasserkühlung zu spät. Im Moment des Abkühlens ist der Kristallisationsvorgang schon beendet und die Haarrisse sind bereits vorhanden.

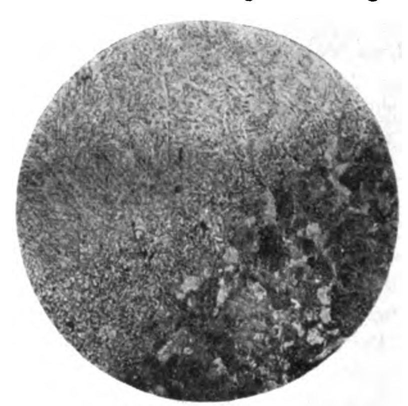


Abb. 12. Kleingefüge einer Lichtbogenschweißung mit schlackenhaltigem Draht, 100fach vergrößert.

Unsere Versuche zielen dahin, einmal eine verzögerte Abkühlung zu erreichen, damit sich, wie schon erwähnt, die Spannungen in Form von bleibenden Formänderungen ausgleichen können. Andererseits versuchen wir durch eine geeignete Legierung der Schweiße die Verschleißfestigkeit zu erhöhen, damit sie den Anforderungen des Betriebes genügt. Mit dem jetzt verwendeten Draht kann die verlangte Härte nicht immer erreicht werden.

Neuerdings wird ein Schweißdraht auf den Markt gebracht, der im Kern eine Schlackenseele besitzt*). Vorgenommene Versuche zeigten, daß mit dem Draht trotz des niedrigen C-Gehaltes ($< 0{,}1$ v. H.) eine größere Härte als bisher beim Spurkranzschweißen erreicht wird. Der künstliche Schlacken-

*) Fuchs, Richtlinien zur Beurteilung und Abnahmeversuche für blanke Schweißdrähte. Elektrotechnik und Maschinenbau, Heft 22, 1928, Seite 39 und Z. V. d. I. (1928) Nr. 33, S. 1151.

zusatz wirkt wie eine Ummantelung des Drahtes. Beim Schweißen sondert sich die Schlacke auf der Oberfläche der Schweiße ab, wodurch die Abkühlung etwas langsamer verläuft. Da die Versuche noch nicht abgeschlossen sind, kann noch kein endgültiges Urteil abgegeben werden. Textabb. 11 zeigt den Draht im Quer- und Längsschnitt, Textabb. 12 das Kleingefüge einer mit diesem Draht ausgeführten Schweißung.

Brennstofftagung der Welt-Kraftkonferenz 1928 in London.

In der Zeit vom 24. September bis 6. Oktober d. Js. hat in der großen Halle des Kaiserlichen Instituts in London die zweite Teiltagung der Weltkraftkonferenz stattgefunden, die sich mit der Gewinnung und Auswertung der Brennstoffe für die Energieerzeugung beschäftigte. wie auf der ersten Teiltagung im Jahre 1926 in Basel die Ausnutzung der Wasserkräfte hierfür erörtert worden war (Organ 1926, Seite 410). Die vorbereitenden Schritte für eine zweite Volltagung der Weltkraftkonferenz, die für das Jahr 1930 in Berlin in Aussicht genommen ist, sind damit geschehen. Da auch heute noch trotz des zunehmenden Ausbaues der Wasserkräfte zur Energieerzeugung 80% der Welt-Energieerzeugung aus den Brennstoffen erfolgt, so ist es erklärlich, daß das Interesse an der Londoner Brennstofftagung sehr groß war. Etwa 1500 Delegierte und Repräsentanten aus 47 verschiedenen Ländern waren erschienen und 167 Berichte lagen der Tagung aus 20 Ländern vor, von denen etwa 15% auf Deutschland entfielen. Die Tagung wurde durch den Präsidenten der Weltkraftkonferenz Marquis of Reading eröffnet und Sir Robert Horne hielt die Eröffnungsrede, in der er von der großen Bedeutung der Tagung für alle Teilnehmer ausging, die auf ihr sicherlich viele Anregungen für das Gedeihen ihrer Länder erhalten würden. Es war kennzeichnend für die Tagung, daß in den Berichten wie in der Aussprache neben den wissenschaftlichen und technischen Erörterungen die Frage des schließlich für die Wirtschaft der Länder praktischen Erfolges in den Vordergrund trat. Auch machte sich das wachsende Streben, die Qualität und Auswertung der Brennstoffe auf wissenschaftlicher Grundlage zu bessern, stark bemerkbar. Um hier internationale Erfolge zu erzielen, ist eine internationale Verständigung über Benennungen, Analysen, Prüfungsmethoden usw. für die Brennstoffe in erster Reihe erforderlich. Es wurden daher auch diesbezügliche Resolutionen gefaßt. Das Internationale Exekutivkomitee der Weltkraftkonferenz wurde ersucht, geeignete Schritte zu tun, 1. um eine internationale Benennung für die Klassifikation von Kohle in Hinblick auf ihre Eigenschaften und ein einheitliches System für die Bestimmung der fundamentalen Eigenschaften herbeizuführen, 2. um eine Übereinstimmung in der praktischen Anwendung des oberen und unteren Heizwerts fester, flüssiger oder gasiger Brennstoffe, die zum genauen Vergleich von Wirkungsgraden und Brennstoffkosten wünschenswert ist, zu erzielen, 3. um zu der notwendigen Verständigung zwischen Erzeugern und Verbrauchern von Kohlenstaub eine internationale Normung zur Probenahme, Feinheit, Siebung von Kohlenstaub und zur Prüfung der Kohlenstaubmühlen durchzuführen.

Wie ersichtlich sind diese Punkte grundlegend für jede Brennstoffwirtschaft, die heute bereits mustergültig im Betriebe der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft durchgeführt ist. Der Tagung lag ein Bericht der D.R.G. „Mitteilungen über die Brennstoffwirtschaft der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft“ vor, der vom Reichsbahndirektor Ernst Harprecht und einer Anzahl Mitarbeiter aus der D.R.G. verfaßt worden ist. In dem Bericht werden die Maßnahmen beschrieben, welche die D.R.G. zur Überwachung der Brennstoffwirtschaft getroffen hat. Die drei Hauptgebiete dieser Überwachung sind 1. Güteprüfung, Abnahme und Lagerung, 2. Verwendung der Brennstoffe, 3. Überwachung des Brennstoffverbrauches. Auch zu der Brennstoffwirtschaft anderer Eisenbahnen, wie der Polnischen und Belgischen, lagen Berichte vor. Die Belgischen Bahnen müssen ihren Bedarf an Kleinkohlen mit etwa 2400000 t jährlich aus 200 Gruben decken und deren Lieferung über 100 Verbrauchsstellen verteilen. Die Kohlen sind in ihrer Güte sehr verschieden und werden auf Grund ihrer Eigenschaften im richtigen Verhältnis sorgfältig in vier großen Misch- und Sortieranlagen gemischt. Die Überwachung erfolgt in einem Zentral-Laboratorium und drei über die Gruben verteilten Laboratorien. Letztere setzen auch den Preis für die Kohlen je nach ihrer Beschaffenheit fest. Der Preis steigt oder fällt um $2^1/_2$% je 1% Asche unter oder über $12^1/_2$% und fällt um 1% je 1% Wasser über 5%.

Allgemein wird heute dem Reinigen und Mischen der Kohlen große Beachtung geschenkt. Letzteres setzt eine gute Sortierung der Kohlen voraus. Das Reinigen der Kohlen erhöht wohl die Kosten, aber infolge Fortfalls der Berge in den Kohlen verringern sich die Transportkosten und der Schwefel- und Phosphorgehalt ist kleiner, so daß Kessel- und Ofenanlagen von den Verbrennungsgasen weniger angegriffen werden. Um auch den Wassergehalt der Kohlen nicht unnötig durch Naß-Reinigung zu erhöhen, wendet man sich heute der Trocken-Reinigung zu. Hierzu sind mit Luft arbeitende Verfahren entwickelt worden, wie der „Vee“-Reiniger und neuerdings der „Static Dry Washer“ von Raw und Ridley, bei dem durch statischen Luftdruck eine Schichtung des Materials, der Kohle und der Berge, nach der Dichte stattfindet. Nach diesem Verfahren werden Kohlen in der Korngröße von 7 bis 0 mm in einem Arbeitsgang gereinigt und sortiert. Beim Mischen gut sortierter Kohlen hat sich gezeigt, daß der durch die Kohlenmischung erzielte Heizeffekt größer ist, als wenn jede Kohlensorte für sich verbrannt wird.

Ein weiteres wichtiges Gebiet ist die Verbilligung der Elektrizität, um ihre Verwendungsmöglichkeit zu erweitern und die Wirtschaftlichkeit anderer Gebiete, auf denen sie bereits Verwendung findet, zu erhöhen. Dies gilt auch für den Verkehr und dessen elektrisch betriebene Fahrzeuge. Die Kohlenstaubfeuerung, die die Verwendung minderwertiger Brennstoffe ermöglicht und bei der die Kohle um 20% besser ausgenutzt wird als wenn sie als Rohkohle verbrannt wird, findet bei den großen Elektrizitäts-Kraftwerken zunehmenden Eingang. Die Kesselanlagen arbeiten heute bereits mit den höchst erreichbaren Wirkungsgraden, so daß kaum noch Verbesserungen möglich sind. Dasselbe gilt für die maschinellen Anlagen. So sieht man die Möglichkeit einer Verbilligung der Erzeugungskosten nur noch in der Verringerung der Anlagekosten und in einer chemischen Verarbeitung der Kohle mit anschließender Verbrennung der Rückstände zur Dampferzeugung. Zur Verringerung der Anlagekosten sucht man von besonderen Trocknungsanlagen für die Kohle freizukommen. Man strebt dem geschlossenen Einheitssystem zu, bei dem die Brenner aus dem Rohkohlenbunker durch eine Kohlenstaubmühle, einen Kohlenstaubbehälter und Leitungen bedient werden. Die Kohle wird durch die heißen Abgase des Kessels in der Mühle selbst getrocknet. Die Staubbehälter der einzelnen Kessel stehen miteinander durch Schrauben-Förderer in Verbindung, so daß stets volle Belastung der Mühle beibehalten werden kann und bei gesteigertem Dampfbedarf Staub den Behältern entnommen werden kann. Eine weitere Vereinfachung und Verbilligung der Kesselanlage ist dadurch möglich, daß der Kohlenstaub von der Mühle unmittelbar zum Brenner geht, wobei Staub-Förderer, Behälter, Leitungen usw. entfallen. Die Mühlen sind für das Mahlen von Kohlen mit höherem Feuchtigkeitsgehalt bei geringstem Energieaufwand noch weiter zu entwickeln. Die Belastung der Brennkammern in WE/m³h ist durch entsprechende Wandgestaltung noch zu steigern, so daß die Brennkammern kleiner werden können. Die Konstruktion von Brennern mit guter Durchwirbelung von Kohlenstaub und Luft ist zu fördern, da dies, wie es sich bei den Kohlenstaub-Lokomotiven gezeigt hat, die Wärmebelastung der Brennkammer wesentlich steigert. Die Einheitsanordnung führt zu Spezialkesseln, die noch weiter durchzubilden sind. Ein wohlfeiler Flugaschenfänger fehlt noch.

Der zweite Weg zur Verbilligung der Elektrizität ist die chemische Verarbeitung der Kohle vor der Verbrennung. Hierzu lag der Tagung ein Bericht von Professor Dr.-Ing. Rosin vor: „Kupplungsmöglichkeiten zwischen Kohlenveredlung und Elektrizitätserzeugung“, in dem das neuzeitliche Schwelkraftwerk behandelt wird. Als einfachste Form eines solchen wird die von der J. Pintsch A.-G. im Reichsbahnwerk Brandenburg-West eingerichtete Anlage bezeichnet. In dieser werden in zwei 500 qm-Kesseln die Braunkohlenbriketts vorgeschwelt, wobei 60% ihres Teergehalts gewonnen werden, während das entteerte

Maier-Leibnitz, Stuttgart. Architekt Regierungsbaumeister Alfred Deiber, Stuttgart.

Zum Ankauf mit 500 𝓡𝓜 wurden empfohlen:

Der Entwurf mit der Kennzahl 135755. Verfasser Professor Dr. Ing. Gaber, Karlsruhe, in Verbindung mit Architekt Esch, Mannheim, und H. Honnef, Dinglingen, und der Entwurf mit der Kennzahl 2211868. Verfasser Bruno Schulz, Berlin-Grunewald, in Verbindung mit Walter Straßmann, Magistrats-Oberbaurat, Berlin-Wilmersdorf, als Architekt.

Sämtliche Entwürfe für die Brücke bei Ludwigshafen-Mannheim werden vom 23. Dezember 1928 bis einschließlich 6. Januar 1929 von 10 bis 18 Uhr im Verkehrs- und Baumuseum, Berlin NW 40, Eingang Invalidenstraße 50, öffentlich ausgestellt.

Es werden nunmehr die Entwürfe für die beiden Brücken bei Speyer und Maxau geprüft werden. Diese Arbeiten werden sich vermutlich bis in den Anfang des nächsten Jahres hinein erstrecken. Sämtliche Entwürfe sollen nach Abschluß der Arbeiten der Preisgerichte öffentlich ausgestellt werden.

Ergebnis des russischen Preisausschreibens für Wärme-(Diesel-)Lokomotiven.

Bekanntlich haben die Sowjet-Republiken im April 1926 ein Preisausschreiben für Entwürfe und Ausführungen von Wärme-(Diesel-)Lokomotiven erlassen. Das Ergebnis ist jetzt vom Preisgericht bekanntgegeben worden. Eingegangen sind im ganzen 51 Entwürfe, davon 30 aus Rußland selbst, 15 aus Deutschland, 2 aus den Vereinigten Staaten von Amerika, je 1 aus Österreich, Danzig, Bulgarien, Uruquay.

Nach eingehendem Studium der einzelnen zum Wettbewerb eingereichten Wärmelokomotiv-Entwürfe ist das Preisgericht zum Ergebnis gekommen, daß von den beteiligten Entwürfen keiner in vollem Umfang die gestellten „Technischen Bedingungen für die Entwürfe und Ausführungen von Wärmelokomotiven“ erfüllt. Entweder entsprachen sie nicht den Bedingungen des Ausschreibens, oder sie enthielten Konstruktionsteile sowie Vorgänge, welche nicht geeignet sind, eine zuverlässige Wirkungsweise, eine große Lebensdauer und ein wirtschaftliches Arbeiten zu gewährleisten.

Es wurde daher keiner der Bewerbungen ein Preis zuerkannt. Dagegen wird eine Anzahl von Entwürfen, die in ihrer rechnerischen oder konstruktiven Durcharbeitung Bemerkenswertes enthalten, in einer Sammlung vereinigt und veröffentlicht.

Eine ausgeführte Lokomotive wurde zur Bewerbung nicht angemeldet.

Ergänzung des Wagenparks der Deutschen Reichsbahn.

Die bisherigen Wagen 4. Klasse, die neben den Sitzplätzen zur Zeit noch Stehplätze haben, werden — wie wir dem Deutschen Verkehrsdienst entnehmen — vollständig mit Sitzbänken ausgerüstet werden und infolge dieser Maßnahme in ihrer Ausstattung der 3. Klasse gleichen. Ausgenommen hiervon sind lediglich die Wagen, die für den Traglastenverkehr benötigt werden und hierfür größere freie Räume behalten müssen. Voraussichtlich werden 9000 Wagen die Ausstattung der 3. Klasse erhalten. Sämtliche bisherigen Wagen 4. Klasse werden Fenstervorhänge erhalten und damit auch in dieser Beziehung den Wagen 3. Klasse gleichen.

Infolge der Aufwanderung der Reisenden aus der 3. in die 2. Klasse müssen neue Wagen der 2. Klasse beschafft werden. Es sind zur Zeit 737 Wagen 2. Klasse im Bau. Für die neuen 2. Klassewagen ist ein neuer Einheitstyp gewählt worden. Dieser neue Einheitstyp wird ein vierachsiger Wagen mit Drehgestellen und einer Länge von über 20 m sein. Er wird einen durchgehenden Mittelgang haben, zu dessen beiden Seiten die Sitzplätze abteilmäßig angeordnet sind. Die Wagen zeichnen sich durch eine angenehme Ausstattung aus und haben nur an den Enden Türen und an Stellen der offenen Plattformen der zweiachsigen Wagen geschlossene Vorbauten. Um das Ein- und Aussteigen zu beschleunigen und zu erleichtern, sind an jedem Wagenende auf jeder Seite zwei Türen vorgesehen. Die Ausrüstung des Toilettenraumes ist wie heute in den D-Zügen üblich durchgeführt. Einige dieser Wagen werden in den nächsten Tagen in Betrieb gestellt, um besonders die Anordnung der Sitzplätze und die Ein- und Aussteigemöglichkeiten praktisch zu erproben.

Die Zusammenlegung von Lokomotivbauanstalten

macht weitere Fortschritte. Die Firma Borsig hat das Lokomotivbaugeschäft des „Stettiner Vulkan“ übernommen, einem Werk, aus dem im Lauf der Jahre über 4000 Lokomotiven hervorgegangen sind. Die Betriebe werden in Tegel vereinigt. Durch die Zusammenlegung und die Übernahme aller Konstruktionsunterlagen sowie einiger Spezialeinrichtungen ergeben sich Vorteile hinsichtlich der Preisgestaltung und der raschen Erledigung von Aufträgen auf Lieferung von Lokomotiven und Ersatzteilen.

Jahresversammlung des Reichsausschusses für Metallschutz.

Der Reichsausschuß für Metallschutz hat unter zahlreicher Beteiligung der interessierten Fachkreise aus allen Teilen Deutschlands seine Jahresversammlung am 22. bis 24. November 1928 in den Räumen des Vereines Deutscher Ingenieure in Berlin abgehalten. Nach kurzer Begrüßung der Teilnehmer gab der Vorsitzende Professor Dr. Maaß die am 3. November 1928 unter Mitwirkung von Vertretern der österreichischen Regierung, der Österreichischen Bundesbahnen sowie der Wissenschaft und Industrie erfolgte Gründung eines österreichischen Ausschusses für Metallschutz in Wien bekannt und begrüßte bei diesem Anlasse auch die aus Österreich erschienenen Versammlungsteilnehmer und die im Interesse der Behandlung und Klärung der leider noch so wenig erforschten Korrosionsfragen seitens der beiden Ausschüsse in Aussicht genommene Zusammenarbeit, welche nicht nur für die Erhaltung der Metalle, sondern auch aller übrigen Baustoffe von größter wirtschaftlicher Bedeutung ist. Anschließend daran behandelte Professor Dr. Maaß die vom Deutschen Reichsausschuß für Metallschutz im abgelaufenen Jahre durchgeführten wissenschaftlichen Arbeiten, so insbesondere die Einwirkung von Salzlaugen auf die verschiedenen Metalle mit Rücksicht auf die Verhältnisse in der Kaliindustrie, ferner die Untersuchungen über den Einfluß des Umschmelzens sowie des Walzens und Ausglühens von Aluminium und über die rostverhütende Wirkung der Mennige. Die Tagung selbst brachte zahlreiche teils wissenschaftliche Untersuchungen teils praktische Erfahrungen behandelnde Vorträge und zwar: Über die Bekämpfung der Rohrkorrosion von Bessig, Berlin-Frohnau; Über den Einfluß der Depolarisation auf die Korrosionsgeschwindigkeiten und ihre praktische Nutzanwendung von Tödt, Charlottenburg; über die Vorbehandlung von Eisenelektroden bei Korrosionsversuchen von van Wüllen-Scholten, Dresden; über neuere Vergleichsuntersuchungen gewöhnlicher und disperser Mennige von Junk; ferner über Versuche mit Schutzanstrichen im Seewasser von Bärenfänger, Kiel; über die Korrosion des Messings von Haas, Aachen; über Korrosion von Aluminium und Aluminiumlegierungen von Schwinning, Dresden; über die künstliche Korrosion von japanischen Speziallegierungen von Denzo Uno, Kioto, Japan; über die Eisenbeizung von Keller, Halle; über Flüssigkeiten als Betonzerstörer und die Möglichkeiten des Betonschutzes von Grün, Düsseldorf und über die Angriffswirkungen, die im praktischen Betriebe auf feuerfeste Baustoffe ausgeübt werden von Dr. Pulfrich, Berlin. Die Mehrzahl der Vortragenden hatten ihrer Ausführungen durch lehrreiche Lichtbildervorführungen unterstützt.

Besonderes Interesse erregte ein mit dem Zeitraffer vorgeführter Film über die Zerstörung eines Betonwürfels infolge Einwirkung einer säurehaltigen Flüssigkeit, bei welchem der in 48 Stunden erfolgte vollständige Zerfall des Würfels, dargestellt durch fortlaufende in Zeitabständen von je 1 Minute gemacht Aufnahmen in der Zeit von 3 Minuten vorgeführt wurde. Auf Grund der seitens des Vertreters des österreichischen Bundesministeriums für Handel und Verkehr übermittelten Einladung des österreichischen Bundesministers Dr. Schürff wurde seitens der Versammlung unter lebhaftem Beifall beschlossen, die nächstjährige Tagung des Reichsausschusses im Oktober 1929 in Wien abzuhalten.

Dr. F. G.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.

eft 2

. Januar

UNGEN

MÜNCHEN

n. 34.

EN

G.

n)

Spülgas mit einem Heizwert von 1700 cal/cbm dem Kessel wieder als Hilfsfeuerung zugeleitet wird. Eine vollkommene Ausbeute der Schwelprodukte ist aber nur in einem Braunkohlenschwelkraftwerk, wie das von der Kohlenveredlungsgesellschaft der AEG bei Gölzau errichtet wurde, zu erhalten, auf dem die Kohle in stehenden Geißenöfen verschwelt wird. Der Koks wird vermahlen und zu 50% mit Trockenkohlenstaub vermischt in Linke-Hofmann-Schwelstaubkesseln verbrannt.

Eine andere Anordnung für ein Steinkohlen-Schwelkraftwerk in Dunston der Newcastle-upon-Tyne Elektrizitätsgesellschaft beschreibt R. P. Sloan in seinem Bericht „The economic utilisation of fuel in the production of Electricity". Die Kohlenverschwelungsanlage liegt im Kesselhaus und der Koks aus den Retorten wird unmittelbar durch Schraubenförderer dem Vorschub der Kesselfeuerung zugeführt. Durch den Wert des Koks und der Nebenprodukte aus der Verschwelung werden die Kosten für die Rohkohle wie für die Bedienung und Unterhaltung der Schwelanlage gedeckt und ein Überschuß von 3 sh 1 d für die t Kohle erzielt, die den Erzeugungskosten für die Elektrizität zugute kommen.

Eine weitere Möglichkeit zur Verbilligung der Erzeugungskosten der Elektrizität liegt in einer Verbesserung des Belastungsfaktors der Werke. Dies kann durch Einebnung der Täler der Belastungskurve infolge Stromangabe für Kochen, Warmwasser und Heizung zu den verschiedensten Zwecken und durch Kappen der Spitzen erfolgen, indem diese aus der Stromabgabe industrieller Werke gedeckt werden. Hierdurch können auch die Reserven der Werke kleiner sein, was gleichfalls den Belastungsfaktor erhöht. Vornehmlich ist hierbei an die Zusammenarbeit der Elektrizitätswerke mit den Kokereien, Hütten- und Stahlwerken gedacht, deren überschüssige Gase zum Antrieb von Gasmaschinen und zur Dampferzeugung für Turbo-Generatoren benutzt werden.

Größte Aufmerksamkeit wird der Beschaffung hinreichender und guter flüssiger Brennstoffe für den ständig wachsenden Kraftfahrzeugverkehr geschenkt. Den Bedarf preiswert zu bedienen, ist bisher nur durch erhöhte Produktion an Rohöl, durch gesteigerte Erträge an Benzin beim Kracken des Rohöls und verbesserte Krackverfahren für die Verarbeitung schwerer Öle und Rückstände aller Art auf Benzin, und durch die Entwicklung der Naturgas-Benzinindustrie möglich gewesen. Günstig war hierbei, daß auch für die in der Ölindustrie anfallenden Produkte wie Schmieröl und Straßenoberflächenmaterial ein wachsender Markt vorhanden ist, und im Krackverfahren die verschiedensten Kohlenwasserstoffe gewonnen werden, die in den verschiedensten Industrien von größter Bedeutung sind. Gleichwohl müssen mit dem zunehmenden Bedarf an Benzin Mittel gesucht werden, um seinen Verbrauch einzuschränken. Die Möglichkeit hierzu wird in einer Erhöhung des Wirkungsgrades der Benzinmotoren durch Steigerung des Kompressionsgrades in Verbindung mit geeigneter Gestaltung des Verbrennungsraumes und in einer weiteren Entwicklung des schnellaufenden Dieselmotors gesehen, damit dieser bis zu einem gewissen Grade an die Stelle des Benzinmotors tritt. Hierdurch würde nicht allein Benzin gespart, sondern auch die Verwendbarkeit vorhandener Öle gesteigert werden. Höhere Kompressionsgrade erfordern bessere Benzinqualität, die standfest ist, so daß die Erscheinung des „Klopfens" der Motoren nicht auftritt. Gegenmittel gegen das Klopfen, die dem jetzigen Benzin zugesetzt werden, wie die Herstellung von Benzinen im dampfförmigen Krackverfahren mit höheren Temperaturen, würden dies erreichen lassen. Auch die Verbesserung der Straßen wird zu einer Ersparnis an Benzin führen.

Zum Stand der Verwendung von Schwerölen in schnellaufenden ortsbeweglichen Motoren lag ein Bericht von Dr.-Ing. W. Riehm der Tagung vor, in welchem die verschiedenen in letzter Zeit in Deutschland entwickelten Diesel-Fahrzeugmotoren beschrieben und auf ihre Verwendung zum Antrieb von Lastwagen, Omnibussen, Eisenbahntriebwagen, kleineren Lokomotiven eingegangen ist. Auch geht die neuere Entwicklung dahin, auch für Lokomotiven mit großen Leistungen Dieselmotoren mit höherer Drehzahl zu verwenden.

Ein Bericht von P. Yanauschevsky „Versuche mit Diesel-Lokomotiven auf den Russischen Staatsbahnen" geht besonders auf die in den letzten Jahren aus Deutschland bezogenen Lokomotiven von je 1100 bis 1200 PS ein, von denen die ältere elektrische Kraftübertragung vom Motor auf die Triebräder, die andere Zahnradübersetzung mit Schaltung der einzelnen Gänge durch magnetische Kupplungen hat. Beide Lokomotiven verkehren im regelmäßigem Dienst. Die erstere hat 64353 km, die zweite 20560 km in 12 Monaten zurückgelegt. Ein Vergleich der Betriebskosten für Löhne, Brennöl, Licht, Schmierung, Reinigung, kleine Reparaturen und Wasserverbrauch der beiden Diesellokomotiven und einer Dampflokomotive gleicher Leistung zeigt, daß die der Diesellokomotiven etwa 76% der der Dampflokomotive betragen. Bezogen auf 10000 tkm stellten sie sich bei der Dampflokomotive auf 10,40, bei der elektrischen Diesellokomotive auf 8,33 und bei der Zahnrad-Diesellokomotive auf 8,02 Chervonnez-Rubel. In Anbetracht der kurzen Betriebsdauer kann ein endgültiges Urteil über die Bewährung der Diesellokomotiven noch nicht agbegeben werden.

Abschließend sei noch auf einen Bericht von M. T. Lindhagen „Die Anwendung luftgekühlter Kondensatoren für Lokomotiven" eingegangen. Eingehende Untersuchungen haben es ermöglicht, eine hinreichende Kühlfläche mit besonders wirksamen Kondensatorelementen in dem durch das Ladeprofil beengten Raum auf der Lokomotive unterzubringen. Die Kühlelemente bestehen aus flachen, 150 mm breiten Kupferrohren, die auf der Breitseite mit unter 15° schräg liegenden Rippen besetzt sind, so daß die vom Ventilator gegen sie geblasene Luft gut durchwirbelt wird. Eine Turbinenlokomotive der Bauart Ljungström der Argentinischen Eisenbahnen wurde mit einem derartigen Kondensator von 28 qm Kühlfläche ausgerüstet. Bei Versuchen im geschlossenen Schuppen mit Temperaturregulierung wurde folgendes Ergebnis erhalten: Dampfdruck 18 kg/qcm abs, Dampftemperatur 375°C, Enddruck 0,7 kg/qcm abs bei einer Lufttemperatur von 40°C und einer Leistung von 1480 PS bzw. Enddruck 0,3 kg/qcm abs bei einer Lufttemperatur von 20°C und einer Leistung von 1870 PS. Versuchsfahrten mit der Lokomotive auf einer 797 km langen Strecke zwischen Tucumàan und Santa Fé ergaben folgendes:

Versuch	Datum 1926	Lufttemperatur in der Sonne	Lufttemperatur im Schatten	Vakuum max cm	Vakuum min cm	Ölverbrauch l/1000 tkm	Wasserverbrauch l/h	Durchschn. Zuggewicht t
1.	23.—25. 3.	35° C	27° C	68,7	62	10,37	200	920
2.	13.—15. 6.	28° C	19° C	78,2	68,7	11,92	210	920
3.	17.—19. 9.	30° C	18° C	72,7	64,6	8,5	190	1600
4.	23.—25. 11.	37° C	30° C	68,6	61,9	10,8	210	1320

Zu diesen Versuchen wird noch besonders auf den Brennstoffverbrauch hingewiesen, der bei einem 300 t-Zug 19 bis 24,5kg/1000tkm bei einem 1600 t-Zug 8 bis 9,5,kg/1000 tkm betrug, so daß der beste Betrag für den 300 t-Zug doppelt so hoch ist wie der höchste Betrag für den 1600 t-Zug.

Przygode.

Schienenschweißungen vor 85 Jahren.

Es dürfte ein merkwürdiger Zufall sein, daß gerade in Nürnberg, wo in den letzten Jahren die ersten Versuche größeren Umfanges mit der Schweißung von Eisenbahnschienen vorgenommen wurden (s. Organ 1927/1 u. ff.) schon in den ersten Jahren des Bestehens der ersten deutschen Eisenbahn dort dies Verfahren angewandt wurde. Im Geschäftsbericht der Nürnberg-Fürther Ludwig-Eisenbahn-Gesellschaft für das Jahr 1842 wird hierüber folgendes berichtet:

„Da sich an den Stößen oder Köpfen der Schienen häufig Risse oder Spalten zeigten, deren Vermehrung oder Erweiterung eine zunehmende Unbrauchbarkeit besorgen ließen, so wurde der Versuch gemacht, diese Spalten mit neuem Schmiedeisen



auszuspänen und zusammenzuschweißen. Dieses gelang vollkommen und es werden nun auf diese Weise alle mangelhaften Schienen mit geringen Kosten erneuert und gerichtet, so daß sie noch mehr als eine Generation überdauern werden, da sie seit sieben Jahren kaum merklich auf einer Seite angegriffen sind und nach langjähriger Abnutzung dieser Seite auf die andere gewendet werden können."

Wenn auch die damaligen Schweißungen nicht zum Zwecke der Stoßverbindung ausgeführt wurden, hat man doch damit eine durchlaufende Verbindung des Materials erreicht. M—f.

Buchbesprechungen.

Dr. Ing. R. Kirchhoff „Die Statik der Bauwerke", I. Band, zweite neubearbeitete und erweiterte Auflage. Verlag W. Ernst & Sohn, Berlin 1928.

Der in zweiter Auflage vorliegende erste Band der „Statik" umfaßt die statisch bestimmten Gebilde von den Grundlagen bis zu den Raumfachwerken und deckt sich im wesentlichen mit der ersten Auflage. Er ist aber in den einschlägigen Abschnitten den neuen Berechnungsvorschriften der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft gemäß neu bearbeitet und in den übrigen Teilen durch neue, für die Praxis wichtige Beispiele und durch ausführliche Behandlung von Gebieten, die dem Anfänger besondere Schwierigkeiten bereiten, erweitert worden. Da das Buch mit sorgfältiger Schreibweise alle Aufgaben ausführlich und leicht verständlich behandelt, kann es sowohl Anfängern als Lehrmittel, als auch Fortgeschrittenen als Nachschlagebuch wärmstens empfohlen werden. Karig.

Industrie-Öfen, Band 1. Von W. Trinks, Professor des Maschineningenieurwesens am Carnegie Institute of Technology in Pittsburgh, Pa. U. S. A. Din A 5, VIII/352 Seiten mit 283 Abbildungen und 14 Zahlentafeln. In Leinen gebunden *R.M.* 16,—, für VDI-Mitglieder *R.M.* 14,40. 1928. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7.

Der Verfasser hat durch die Herausgabe seines amerikanischen Buches „Industrial Furnaces" in deutscher Übersetzung weiteren Kreisen der deutschen Technik einen Wissensstoff zugänglich gemacht, der wegen seiner Vielseitigkeit, Übersichtlichkeit und Sammlung sicher sehr geschätzt und oft benutzt werden wird. Er behandelt die Verwendnngsgebiete verschiedenartigster Öfen, die den Zweck haben, Werkstücke für bestimmte Arbeitsverfahren auf eine Werkstücktemperatur zu bringen, wobei die Beschickung derselben satzweise oder kontinuierlich, die Beheizung mit gasförmigen, flüssigen Brennstoffen oder durch den elektrischen Strom erfolgt.

Mahlke-Troschel, Handbuch der Holzkonservierung. Zweite, neu bearbeitete Auflage. Berlin. 1928. Verlag Julius Springer. Preis *R.M.* 29.—.

Das Buch, zu dem sich der Herausgeber einen Stab von zwölf Spezialisten als Mitarbeiter gesichert hat, ist nach der Klarheit seines Aufbaus, nach der Behandlung des Stoffes und der Abbildungen geradezu mustergültig zu nennen. Im ersten Hauptteil ist die Biologie des gesunden und des kranken Holzes behandelt. Der zweite Abschnitt führt die Konservierung des Holzes in lichtvoller Behandlung vor. Ausgezeichnet in diesem Abschnitt ist insbesondere die Darstellung der Holzimprägnierstoffe, die in dieser Vollständigkeit und wissenschaftlichen Auswertung kaum noch irgendwo zu finden ist. Im dritten Hauptteile sind von namhaften Fachleuten die Anwendungsgebiete getränkter Hölzer behandelt: Im Eisenbahn-Oberbau (von Bräuning bearbeitet), im Bau elektrischer Freileitungen, im Grubenbau, im Wasser- und Schiffbau, im Hochbau, im Straßenbau. Ein kurzer, lichtvoller Abschnitt statistischen Inhalts „Ermittlung der Lebensdauer imprägnierter Hölzer" schließt das Buch ab.

Das Buch kann auf das wärmste empfohlen werden. Jeder Fachmann, der mit Holztränkung zu tun hat, insbesondere auch der Gleiswirt, findet in diesem Buche lückenlose Aufklärung und reiche Anregungen. Dr. Bl.

Die Psychotechnische Versuchsstelle der Reichsbahndirektion Berlin. Von Dr. Ing. C. Heydt. Berlin 1928. Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn, Berlin W 8 DIN A 5. 18 Seiten mit 4 Abbildungen. 0,50 *R.M.*

Das Büchlein führt in knapper Form in die Aufgaben der Psychotechnik ein und beschreibt die Entwicklung und die Arbeiten der Psychotechnischen Versuchsstelle der Reichsbahndirektion Berlin und im Anschluß daran ihr neu geschaffenes Institut in Berlin-Eichkamp.

Dr. H. Schmidt-Melms. Die Alpenbahnen. Wien-Leipzig; Kommisionsverlag, Sollmayersche Buchhandlung 1928.

Verkehrsentwicklung über die Alpen — ausgeführte Bahnen — die wichtigsten Alpenbahnprojekte (Ortler-, Septimer-, Splügen-, Bernhardin-, Greina-, Montblanc-Bahnprojekt).

Über die Schmierschicht in Gleitlagern und ihre Messung durch Interferenz. Von Dr.-Ing. Robert Wolff. Heft 308 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Din A 4, VI/25 Seiten mit 20 Abbildungen und 8 Zahlentafeln. Broschiert *R.M.* 5.—, für VDI-Mitglieder *R.M.* 4,50. (VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7) 1928.

Das Förderhöhenverhältnis der Kreiselpumpen für die ideale und wirkliche Flüssigkeit. Von Dr.-Ing. Wilhelm Schulz. Heft 307 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Din A 4, IV/28 Seiten mit 35 Abbildungen und 6 Tafeln / 1928. Broschiert *R.M.* 5.—, für VDI-Mitglieder *R.M.* 4.50 (VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7).

Verschiedenes.

Preisausschreiben der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft für drei neue Rheinbrücken bei Ludwigshafen-Mannheim, Speyer und Maxau*)

Die von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft ausgeschriebenen Skizzenwettbewerbe für die drei neuen Rheinbrücken bei Ludwigshafen-Mannheim, Speyer und Maxau haben eine sehr rege Beteiligung gefunden. Bis zum Zeitpunkt für die Ablieferung der Arbeiten, dem 13. Oktober 1928, sind einschließlich Nebenentwürfen für die Brücke bei Ludwigshafen-Mannheim 138 Entwürfe, für die Brücke bei Speyer 125 und für die Brücke bei Maxau 124 Entwürfe eingegangen. Die große Zahl der Entwürfe macht es notwendig, die Preisgerichte für die drei Brücken nacheinander zusammentreten zu lassen. Zunächst hat das Preisgericht die Entwürfe für die Brücke bei Ludwigshafen-Mannheim geprüft. Dabei wurden folgende Preise zuerkannt:

Einen 1. Preis von 7000 *R.M.* dem Entwurf mit der Kennzahl 2141887. Verfasser Zivilingenieur E. M. Kilgus, Breslau. Perspektiven dargestellt von Kunstmaler Gerhard Beuthner und Architekt Pfafferott, beide in Breslau.

Einen 2. Preis von 5000 *R.M.* dem Entwurf mit der Kennzahl 261074. Verfasser Reichsbahnoberrat Krabbe, Reichsbahndirektion Essen.

Einen 3. Preis von 3000 *R.M.* dem Entwurf mit der Kennzahl 300127. Verfasser Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A. G. Werk Gustavsburg bei Mainz, Grün & Bilfinger A. G. Mannheim. Künstlerischer Berater Baudirektor Abel, Köln.

Einen 4. Preis von 2000 *R.M.* dem Entwurf mit der Kennzahl 777777. Verfasser Dipl.-Ing. Max Haaf, Mannheim-Neuostheim. Mitarbeiter Architekt Wilhelm Vorholz, Ludwigshafen (Rhein).

Zum Ankauf von 1000 *R.M.* wurden empfohlen:

Der Entwurf mit der Kennzahl 765894 A. Verfasser Louis Eilers, Hannover-Herrenhausen, Architekt Professor Dr. German Bestelmeyer, München, Kunstakademie, und der Entwurf mit der Kennzahl 7924318. Verfasser Professor Dr. Ing.

*) Aus der „Reichsbahn".

Maier-Leibnitz, Stuttgart. Architekt Regierungsbaumeister Alfred Deiber, Stuttgart.

Zum Ankauf mit 500 ℛℳ wurden empfohlen:

Der Entwurf mit der Kennzahl 135755. Verfasser Professor Dr. Ing. Gaber, Karlsruhe, in Verbindung mit Architekt Esch, Mannheim, und H. Honnef, Dinglingen, und der Entwurf mit der Kennzahl 2211868. Verfasser Bruno Schulz, Berlin-Grunewald, in Verbindung mit Walter Straßmann, Magistrats-Oberbaurat, Berlin-Wilmersdorf, als Architekt.

Sämtliche Entwürfe für die Brücke bei Ludwigshafen-Mannheim werden vom 23. Dezember 1928 bis einschließlich 6. Januar 1929 von 10 bis 18 Uhr im Verkehrs- und Baumuseum, Berlin NW 40, Eingang Invalidenstraße 50, öffentlich ausgestellt.

Es werden nunmehr die Entwürfe für die beiden Brücken bei Speyer und Maxau geprüft werden. Diese Arbeiten werden sich vermutlich bis in den Anfang des nächsten Jahres hinein erstrecken. Sämtliche Entwürfe sollen nach Abschluß der Arbeiten der Preisgerichte öffentlich ausgestellt werden.

Ergebnis des russischen Preisausschreibens für Wärme-(Diesel-)Lokomotiven.

Bekanntlich haben die Sowjet-Republiken im April 1926 ein Preisausschreiben für Entwürfe und Ausführungen von Wärme-(Diesel-)Lokomotiven erlassen. Das Ergebnis ist jetzt vom Preisgericht bekanntgegeben worden. Eingegangen sind im ganzen 51 Entwürfe, davon 30 aus Rußland selbst, 15 aus Deutschland, 2 aus den Vereinigten Staaten von Amerika, je 1 aus Österreich, Danzig, Bulgarien, Uruquay.

Nach eingehendem Studium der einzelnen zum Wettbewerb eingereichten Wärmelokomotiv-Entwürfe ist das Preisgericht zum Ergebnis gekommen, daß von den beteiligten Entwürfen keiner in vollem Umfang die gestellten „Technischen Bedingungen für die Entwürfe und Ausführungen von Wärmelokomotiven" erfüllt. Entweder entsprachen sie nicht den Bedingungen des Ausschreibens, oder sie enthielten Konstruktionsteile sowie Vorgänge, welche nicht geeignet sind, eine zuverlässige Wirkungsweise, eine große Lebensdauer und ein wirtschaftliches Arbeiten zu gewährleisten.

Es wurde daher keiner der Bewerbungen ein Preis zuerkannt. Dagegen wird eine Anzahl von Entwürfen, die in ihrer rechnerischen oder konstruktiven Durcharbeitung Bemerkenswertes enthalten, in einer Sammlung vereinigt und veröffentlicht.

Eine ausgeführte Lokomotive wurde zur Bewerbung nicht angemeldet.

Ergänzung des Wagenparks der Deutschen Reichsbahn.

Die bisherigen Wagen 4. Klasse, die neben den Sitzplätzen zur Zeit noch Stehplätze haben, werden — wie wir dem Deutschen Verkehrsdienst entnehmen — vollständig mit Sitzbänken ausgerüstet werden und infolge dieser Maßnahme in ihrer Ausstattung der 3. Klasse gleichen. Ausgenommen hiervon sind lediglich die Wagen, die für den Traglastenverkehr benötigt werden und hierfür größere freie Räume behalten müssen. Voraussichtlich werden 9000 Wagen die Ausstattung der 3. Klasse erhalten. Sämtliche bisherigen Wagen 4. Klasse werden Fenstervorhänge erhalten und damit auch in dieser Beziehung den Wagen 3. Klasse gleichen.

Infolge der Aufwanderung der Reisenden aus der 3. in die 2. Klasse müssen neue Wagen der 2. Klasse beschafft werden. Es sind zur Zeit 737 Wagen 2. Klasse im Bau. Für die neuen 2. Klassewagen ist ein neuer Einheitstyp gewählt worden. Dieser neue Einheitstyp wird ein vierachsiger Wagen mit Drehgestellen und einer Länge von über 20 m sein. Er wird einen durchgehenden Mittelgang haben, zu dessen beiden Seiten die Sitzplätze abteilmäßig angeordnet sind. Die Wagen zeichnen sich durch eine angenehme Ausstattung aus und haben nur an den Enden Türen und an Stellen der offenen Plattformen der zweiachsigen Wagen geschlossene Vorbauten. Um das Ein- und Aussteigen zu beschleunigen und zu erleichtern, sind an jedem Wagenende auf jeder Seite zwei Türen vorgesehen. Die Ausrüstung des Toilettenraumes ist wie heute in den D-Zügen üblich durchgeführt. Einige dieser Wagen werden in den nächsten Tagen in Betrieb gestellt, um besonders die Anordnung der Sitzplätze und die Ein- und Aussteigemöglichkeiten praktisch zu erproben.

Die Zusammenlegung von Lokomotivbauanstalten

macht weitere Fortschritte. Die Firma Borsig hat das Lokomotivbaugeschäft des „Stettiner Vulkan" übernommen, einem Werk, aus dem im Lauf der Jahre über 4000 Lokomotiven hervorgegangen sind. Die Betriebe werden in Tegel vereinigt. Durch die Zusammenlegung und die Übernahme aller Konstruktionsunterlagen sowie einiger Spezialeinrichtungen ergeben sich Vorteile hinsichtlich der Preisgestaltung und der raschen Erledigung von Aufträgen auf Lieferung von Lokomotiven und Ersatzteilen.

Jahresversammlung des Reichsausschusses für Metallschutz.

Der Reichsausschuß für Metallschutz hat unter zahlreicher Beteiligung der interessierten Fachkreise aus allen Teilen Deutschlands seine Jahresversammlung am 22. bis 24. November 1928 in den Räumen des Vereines Deutscher Ingenieure in Berlin abgehalten. Nach kurzer Begrüßung der Teilnehmer gab der Vorsitzende Professor Dr. Maaß die am 3. November 1928 unter Mitwirkung von Vertretern der österreichischen Regierung, der Österreichischen Bundesbahnen sowie der Wissenschaft und Industrie erfolgte Gründung eines österreichischen Ausschusses für Metallschutz in Wien bekannt und begrüßte bei diesem Anlasse auch die aus Österreich erschienenen Versammlungsteilnehmer und die im Interesse der Behandlung und Klärung der leider noch so wenig erforschten Korrosionsfragen seitens der beiden Ausschüsse in Aussicht genommene Zusammenarbeit, welche nicht nur für die Erhaltung der Metalle, sondern auch aller übrigen Baustoffe von größter wirtschaftlicher Bedeutung ist. Anschließend daran behandelte Professor Dr. Maaß die vom Deutschen Reichsausschuß für Metallschutz im abgelaufenen Jahre durchgeführten wissenschaftlichen Arbeiten, so insbesondere die Einwirkung von Salzlaugen auf die verschiedenen Metalle mit Rücksicht auf die Verhältnisse in der Kaliindustrie, ferner die Untersuchungen über den Einfluß des Umschmelzens sowie des Walzens und Ausglühens von Aluminium und über die rostverhütende Wirkung der Mennige. Die Tagung selbst brachte zahlreiche teils wissenschaftliche Untersuchungen teils praktische Erfahrungen behandelnde Vorträge und zwar: Über die Bekämpfung der Rohrkorrosion von Bessig, Berlin-Frohnau; Über den Einfluß der Depolarisation auf die Korrosionsgeschwindigkeiten und ihre praktische Nutzanwendung von Tödt, Charlottenburg; über die Vorbehandlung von Eisenelektroden bei Korrosionsversuchen von van Wüllen-Scholten, Dresden; über neuere Vergleichsuntersuchungen gewöhnlicher und disperser Mennige von Junk; ferner über Versuche mit Schutzanstrichen im Seewasser von Bärenfänger, Kiel; über die Korrosion des Messings von Haas, Aachen; über Korrosion von Aluminium und Aluminiumlegierungen von Schwinning, Dresden; über die künstliche Korrosion von japanischen Speziallegierungen von Denzo Uno, Kioto, Japan; über die Eisenbeizung von Keller, Halle; über Flüssigkeiten als Betonzerstörer und die Möglichkeiten des Betonschutzes von Grün, Düsseldorf und über die Angriffswirkungen, die im praktischen Betriebe auf feuerfeste Baustoffe ausgeübt werden von Dr. Pulfrich, Berlin. Die Mehrzahl der Vortragenden hatten ihrer Ausführungen durch lehrreiche Lichtbildervorführungen unterstützt.

Besonderes Interesse erregte ein mit dem Zeitraffer vorgeführter Film über die Zerstörung eines Betonwürfels infolge Einwirkung einer säurehaltigen Flüssigkeit, bei welchem der in 48 Stunden erfolgte vollständige Zerfall des Würfels, dargestellt durch fortlaufende in Zeitabständen von je 1 Minute gemacht Aufnahmen in der Zeit von 3 Minuten vorgeführt wurde. Auf Grund der seitens des Vertreters des österreichischen Bundesministeriums für Handel und Verkehr übermittelten Einladung des österreichischen Bundesministers Dr. Schürff wurde seitens der Versammlung unter lebhaftem Beifall beschlossen, die nächstjährige Tagung des Reichsausschusses im Oktober 1929 in Wien abzuhalten.

Dr. F. G.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.



Zum Aufsatz : Die Spurkranzschweißung

Abb.

Abb. 1a - d. Formänderung beim Spurkranzschweißen von Wagenrädern.

a) abgedreht. Festigkeit: a. Lauffläche 62 Kg $^{m}/_{m^2}$, b. Stirnfläche 62 } Poldi-Härteprüfer. Schweissung 3. Umdrehung. Radreifen, Felge.

b) Abkühlung 1. Umdrehung. Radreifen, Felge.

c) nicht abgedreht. Festigkeit: a. Lauffläche 60 Kg $^{m}/_{m^2}$, b. Stirnfläche 55 } Poldi-Härteprüfer. Schweissung 3. Umdrehung. Radreifen, Felge.

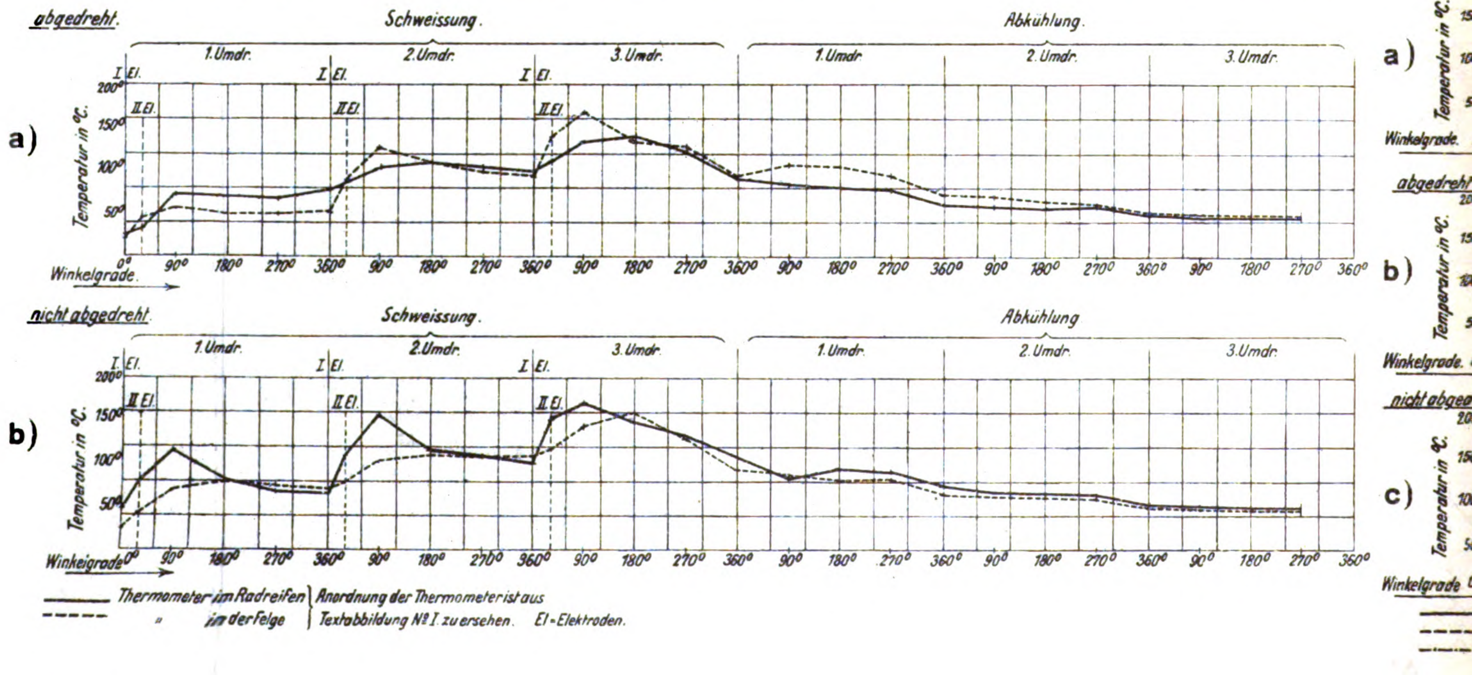
d) Abkühlung 1. Umdrehung. Radreifen, Felge.

Felge gekühlt. Festigkeit: a. Lauffläche 81 Kg $^{m}/_{m^2}$, b. Stirnfläche 80 } Poldi-Härteprüfer.

a) Schweissung 3. Umdrehung. Radreifen

b) Abkühlung 1. Umdrehung. Radreifen

Abb. 2a u. b. Temperaturänderung beim Spurkranzschweißen von Wagenrädern.



...ung, Ergebnisse und Erfahrungen.

...3a-f. Formänderung beim Spurkranzschweißen von Lokomotivrädern.

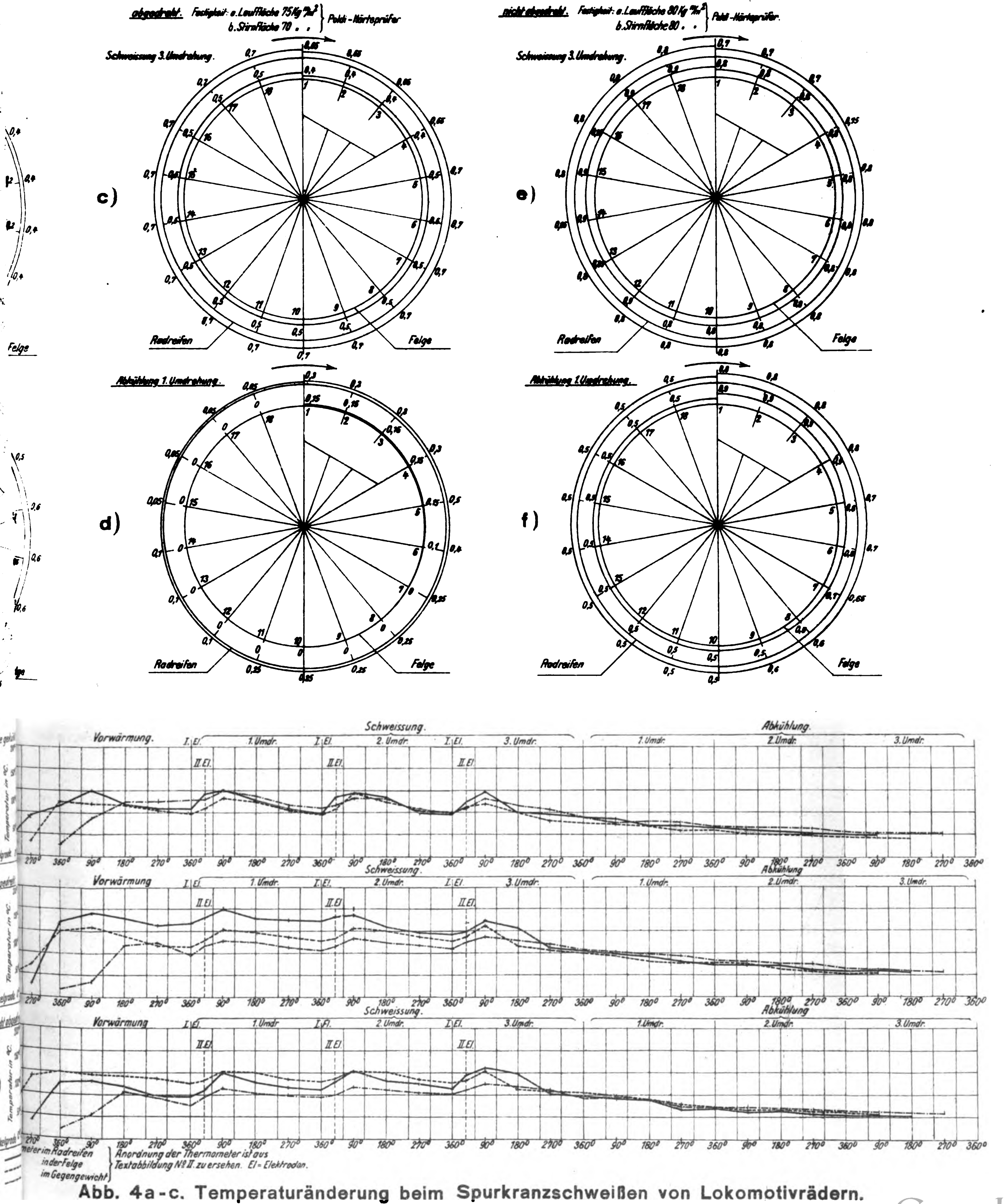
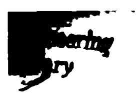


Abb. 4a-c. Temperaturänderung beim Spurkranzschweißen von Lokomotivrädern.



1929
34. Jahrgang

Heft 2
15. Januar

ORGAN
FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON Dr. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.

Buchbesprechungen.



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. **H. Uebelacker**, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. **A. E. Bloss**, Dresden

84. Jahrgang | **15. Januar 1929** | **Heft 2**

Lichttagessignale.

Von Ing. **Ferdinand Zuleger**, Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen, Wien.

Hierzu Tafel 2 und 3.

Lichttagessignale, in der Folge kurz als Lichtsignale bezeichnet, werden von mehreren Bahnverwaltungen versuchsweise oder endgültig angewendet. Auch die Österreichischen Bundesbahnen (Ö. B. B.) haben im Laufe der letzten Jahre eine Anzahl Bahnhöfe mit Lichtsignalen ausgerüstet und nach den bisherigen Erfahrungen mit diesen Anlagen gute Ergebnisse erzielt. Im folgenden soll hierüber näher berichtet, auf die Vorteile der Lichtsignale gegenüber den bestehenden Formsignalen hingewiesen und damit ein Beitrag zur weiteren Entwicklung dieser wichtigen Einrichtungen beigesteuert werden.

Allgemeines.

Nach der Dienstvorschrift für den Signaldienst der Ö. B. B. können mit Genehmigung der Aufsichtsbehörde die Nachtsignale auch bei Tag angewendet werden. Auf Grund dieser Ermächtigung haben die Ö. B. B. vorläufige Richtlinien aufgestellt, die



Abb. 1. Lichttagessignal mit 3 Lampen (2 Richtungen).

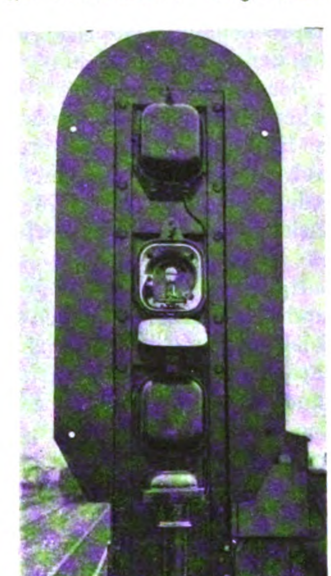


Abb. 2. Lichttagessignal von rückwärts gesehen, mit geöffneter Lampe.

äußere Form der Lichtsignale in eine Übersicht zusammengefaßt und damit den Signalbauanstalten Anhaltspunkte für den Bau von Lichtsignalen geboten. Siehe Tafel 2. Hierzu sei ausdrücklich bemerkt, daß bei den Ö. B. B. vorläufig noch die Farben rot für „Halt“, grün für „Vorsicht“ und weiß für „Frei“ Geltung besitzen. Die aufgestellten Lichtsignale (siehe Textabb. 1) haben bis auf wenige Ausnahmen Signallampen mit einem Linsensystem (Sammel- und Streulinse). Die äußere Linse ist klar, die innere (je nach der Gattung der Signallampe) klar oder gefärbt. Im Brennpunkt des Linsensystems befindet sich eine einstellbare Glühlampe (siehe Textabb. 2). Die Lichtstärke der Signallampe ist abhängig von der Leuchtdichte der Lichtquelle und von der Fläche der Linsen. Es müssen daher Lampen mit möglichst punktförmiger Lichtquelle verwendet werden. Die Lampen brennen mit einer Spannung von 12—14 Volt. Die zugehörigen Transformatoren sind in einem am Mast angebrachten Gehäuse untergebracht (siehe Textabb. 3). Die Lichtsignale besitzen zwei Helligkeitsstufen und zwar: Stufe hell, für die Sicht bei Tag und für mindere Sicht bei Nacht, Stufe mäßig hell, für klare Sicht bei Nacht. Die Signallampen sind auf einer Blechtafel als Hintergrund angebracht.

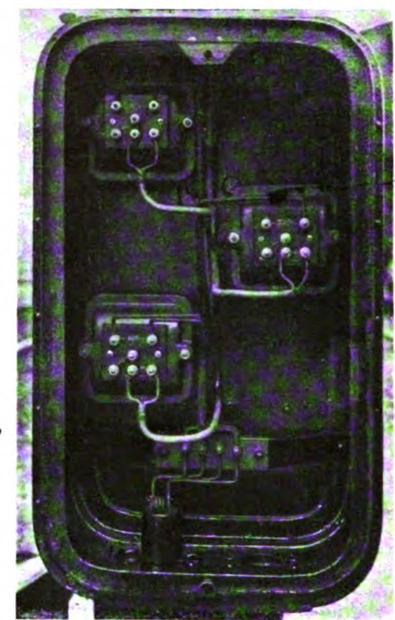


Abb. 3. Kasten mit Lampentransformatoren eines Lichttagessignales

Für jede Signallampe ist im Stellwerk eine Überwachungslampe vorgesehen, die mit der Signallampe leuchtet oder verlischt, wodurch dem Stellwerkswärter eine ständige Überwachung der Signallampen ermöglicht ist (siehe Textabb. 4). Eine solche Überwachung ist bei den Formsignalen nur möglich, wenn diese unmittelbar sichtbar sind. Anderenfalls ist eine Überwachung überhaupt nicht möglich oder sie ist zeitlich beschränkt, wie z. B. bei Signalen mit Flügelkontakten; der Stellwerkswärter kann die aus irgend einer

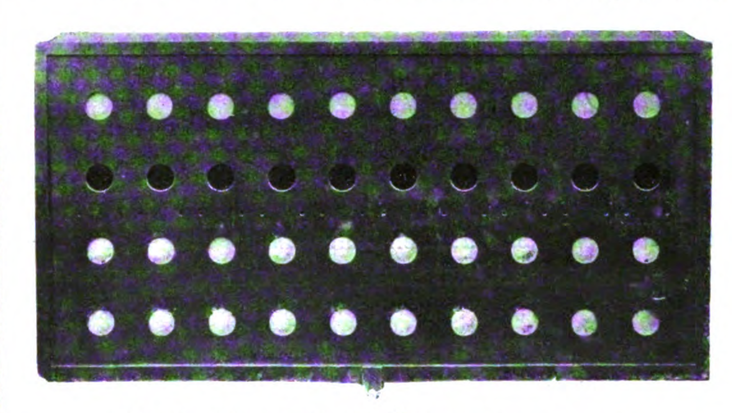


Abb. 4. Kasten für die Überwachungslampen.

Ursache eingetretene Stellungsänderung eines Signales oder den Bruch eines farbigen Signalglases vorerst nicht bemerken.

Zwecks Unterscheidung des weißen Lichtes für „Frei“ von den übrigen weißen Lichtern des Bahnhofes wurde für das weiße Signallicht der Lichtsignale Blinklicht gewählt. Ein solches ist auch notwendig, um in der Freistellung das Vor-

signal von dem Hauptsignal unterscheiden zu können, falls diese beiden Signale auf einem gemeinsamen Mast angebracht sind. Das Vorsignal blinkt in diesem Falle nicht. Bei einer derartigen Anordnung können die weißen Lichter verhältnismäßig knapp aneinandergerückt werden. Die Schaffung einer Unterscheidungsmöglichkeit der beiden weißen Signallichter lediglich durch Vergrößerung der räumlichen Entfernung ist schwierig, da bei Anordnung übereinander die Bauart teuer und bei Anordnung nebeneinander die Lichtraumumgrenzung hinderlich ist.

Die Lampen eines Lichtsignales liegen günstig in Augenhöhe des Lokomotivführers. Eine höhere Lage erfordert das Neigen der Lampen nach abwärts oder größere Streuung der Linsen. Beide Maßnahmen erfolgen auf Kosten der Sichtweite oder des Stromverbrauches. Es ist vorteilhaft, für jede Fahrstraße ein Lichtsignal auf Einzelmast zu wählen (siehe Textabb. 5) und die Anordnung eines für mehrere Fahrstraßen geltenden Lichtsignales oder die Anordnung von Lichtsignalen auf Signalstegen (siehe Textabb. 6) möglichst zu vermeiden. Lichtsignale auf Einzelmasten lassen sich auch besser der Gleisanlage (den Merkzeichen) anpassen.

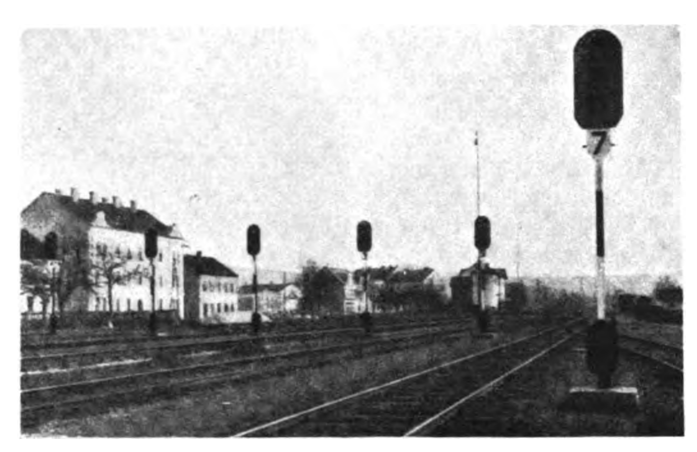


Abb. 5. Lichttagessignale auf Einzelmasten.

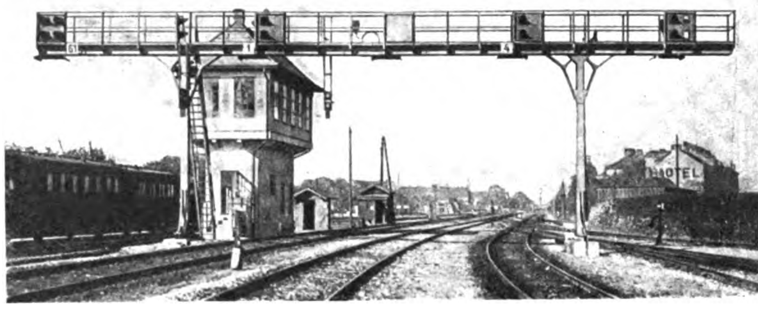


Abb. 6. Lichttagessignale auf einem Steg angebracht.

Sichtbarkeit und Sichtweite.

Die einwandfreie Sichtbarkeit eines Signales, gleichgültig welcher Gattung, ist für die Betriebssicherheit von größter Bedeutung; sie muß stets mit allen Mitteln angestrebt und dauernd erhalten werden. Diesem wichtigen Umstand ist schon bei der Aufstellung eines Signales die nötige Aufmerksamkeit zu widmen; die näheren, fast für jedes Signal verschiedenen, maßgebenden Umstände sind dabei eingehend zu prüfen. Die einwandfreie Sichtbarkeit und ihre Vorbedingungen sind aber keine so einfachen Fragen als dies vorerst den Anschein hat.

Als Leistungsziffer für die Beobachtungsmöglichkeit eines Signalzeichens kann im allgemeinen das Produkt aus Sichtbarkeit × Beobachtungszeit angesprochen werden. Die Beobachtungszeit ist für jeden Zug durch seine Fahrgeschwindigkeit gegeben. Die Sichtbarkeit soll möglichst früh einsetzen, was gleichbedeutend mit großer Sichtweite ist, und soll bis zur Vorbeifahrt des Zuges beim Signal ohne Unterbrechung bestehen bleiben. Sie soll aber auch möglichst unvermittelt, also mit großer Wahrnehmungsgeschwindigkeit, einsetzen. Diese hängt hauptsächlich vom Kontrast zwischen Signalzeichen und Hintergrund ab. Die Sichtbarkeit des Signalzeichens selbst ist abhängig von seiner Leuchtkraft (Leuchtdichte × Fläche), dem Umriß (der Form), dem Unterschied der Leuchtdichte zwischen Signalzeichen und Hintergrund (Kontrast), von der Farbenwirkung des Signalzeichens und schließlich von den Sichtverhältnissen unter denen die Beobachtung erfolgt. Bei den Formsignalen ist das Flächenausmaß des Signalzeichens begrenzt. Als Ersatz müssen gegebenenfalls weitere Zeichen, wie der Mast, das Merkzeichen, die Ankündigungsbaken u. ä. herangezogen werden. Form, Farbenwirkung und Leuchtkraft sind auf Grund der Erfahrung gegeben; sie sind allerdings bei den verschiedenen Bahnverwaltungen auch ganz verschiedene. Einen Einfluß auf die Sichtverhältnisse besitzen wir nicht. Diese hingegen beeinflussen die Sichtbarkeit in recht weiten Grenzen. Hierzu kommt noch die Verschiedenheit des Signalzeichens bei Tag als Formsignal, bei Dunkelheit als Lichtsignal und der Übergang von einer auf die andere Art des Signalzeichens in der Dämmerung oder bei Nebel. Treten diese unvermittelt auf, so kann das Signalzeichen unter Umständen versagen. Somit bleibt zur Hebung der Sichtbarkeit und Wahrnehmungsgeschwindigkeit der Formsignale nur die Schaffung eines entsprechenden Kontrastes übrig. Für diesen ist in erster Linie der Hintergrund maßgebend. Der beste Hintergrund ist der Horizont, wobei die Farbenwirkung des Signalzeichens eine nur untergeordnete Rolle spielt. Die Wahl des Horizontes als Hintergrund soll, wo nur angängig durch entsprechende Bemessung der Masthöhe angestrebt werden. Auf Strecken im Flachland dürften in dieser Hinsicht zumeist gute Verhältnisse zu erzielen sein. Ist dies nicht möglich, wie auf Gebirgsstrecken oder im Stadtgebiet, so bereitet die Wahl eines tauglichen Hintergrundes oft erhebliche Schwierigkeiten, wie folgende Beispiele zeigen: Ein Wald erfordert im Sommer als dunkler Hintergrund einen Signalarm mit weißer, im Winter bei Schneelage als lichter Hintergrund einen Signalarm mit roter Umrahmung. Liegt, vom Beschauer gesehen, ein Signalarm in gleicher Höhe mit einem Dachfirst, so ist er oft nicht rechtzeitig zu erkennen und muß höher oder tiefer angeordnet werden. Ist in einem solchen Fall das Signal etwa wegen einer vorgelegenen Brückenkonstruktion schon überhöht, so muß ein künstlicher Hintergrund geschaffen werden. Schwierig ist die Schaffung einer guten Sichtbarkeit und eines brauchbaren Hintergrundes in dem Gewirre von Drähten und Jochen eines Bahnhofes oder im Zuge der Fahrleitungsmaste einer elektrisch betriebenen Strecke (siehe Textabb. 7); hinderlich für die Aufstellung der Mastsignale ist ferner die Einhaltung der aus Sicherheitsgründen vorgeschriebenen Entfernung der Signale von den Hochspannungsleitungen. In allen diesen Fällen ist die Farbwirkung des Signalzeichens von großer Wichtigkeit; dieser muß daher besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Beim Lichtsignal ist unter Beachtung dieser Umstände die Sichtbarkeit ungleich günstiger. Es ist als Signalzeichen vor allem eindeutig bei Tag und Dunkelheit, besitzt gleichbleibende Leuchtkraft, gleichbleibenden Hintergrund und damit gute Kontrastwirkung. Die Leuchtkraft kann in gewissen Grenzen jederzeit den Sichtverhältnissen angepaßt (Tag- und Nachtschaltung) und kann bei bestehenden schlechten

Sichtverhältnissen im Vorhinein entsprechend stärker gewählt werden. Auf elektrisch betriebenen Strecken ergeben sich bei Verwendung von Lichtsignalen bezüglich der Sichtbarkeit und der Entfernung von den Hochspannungsleitungen keine Schwierigkeiten.

Durch die ausschließliche Verwendung eines entsprechenden Lichtes als Signalbegriff beim Lichtsignal wird dessen Sichtweite erheblich vergrößert. Nach Dr. Schneider-München*) sind auf 800 m Entfernung zwei nur 70 Millimeter voneinander entfernte Lichtquellen noch deutlich auseinander zu halten. Die bei den Ö.B.B. aufgestellten Lichtsignale sind auf gerader Strecke und bei klarer Sicht auf mehr als 1000 m Entfernung deutlich sichtbar. Bei Nebel mittlerer Dichte verhält sich die Sichtweite des Lichtsignales zu jener des Formsignales ungefähr wie 3:1.

Die Signalisierung auf einer Strecke ist dann als sehr gut zu bezeichnen, wenn vom Standort des einen Signales auch schon das nächstfolgende Signal zu erkennen ist, die Reihe der Signalbeobachtungen demnach als geschlossen bezeichnet werden kann. Dieser Zustand ist bei Verwendung von Lichtsignalen leichter zu erreichen als bei Formsignalen.

Bei den Ö.B.B. wurde der Vorsignalbegriff „Hauptsignal Halt" auf „Vorsicht" abgeändert. Demnach kann bei Stellung des Vorsignales auf „Vorsicht" das zugehörige Hauptsignal auf „Halt" oder auf „Frei" stehen. Im letzgenannten Falle braucht auf Strecken mit großer Steigung der sonst im Bahnhof durchfahrende Zug nicht mit dem Einfahrsignal angehalten zu werden, sondern dies kann mit dem Ausfahrsignal, das kein zugehöriges Vorsignal besitzt, geschehen. Die Möglichkeit, vom Standorte des Vorsignals schon die Stellung des zugehörigen Einfahrsignales wahrnehmen zu können, gewinnt hierdurch an Wichtigkeit.

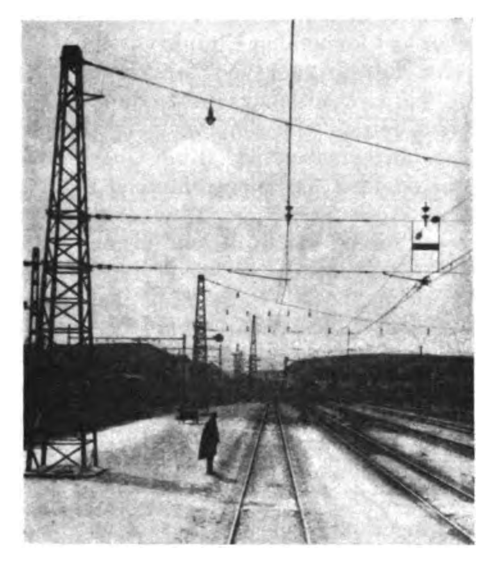


Abb 7. Bahnhof Attnang-Puchheim, Blick auf die mechanischen Ausfahrsignale gegen Salzburg aus rund 100 m Entfernung. Die Signale befinden sich in der Mitte des Bildes. Ihre Sichtbarkeit ist wenig befriedigend. Der Austausch der bestehenden mechanischen Armsignale gegen Lichtsignale ist im Zuge.

Blinklicht.

Wie eingangs erwähnt, wird als Signal „Frei" bei Lichtsignalen weißes Blinklicht verwendet. Vor Einführung der Lichtsignale standen bei den Ö.B.B. Gasblinker Bauart Aga in Verwendung; diesen folgten elektrisch betätigte Blinker (Unterbrecher) mit der gleichen Wirkung und zwar mit einem kürzeren Aufblitzen des Lichtes und einer darauffolgenden etwas längeren Pause „dunkel". Diese Art des Blinklichtes als Signalzeichen ist für die Beobachtung nicht als günstig zu bezeichnen. Das Blinklicht läßt das Signalzeichen als bewegt erscheinen. Erfolgt diese Bewegung kurz und schlagartig, so ist das Auge bestrebt, sich jedem Lichtimpuls neuerlich anzupassen und wird dadurch unnötig beansprucht. Durch die längeren Pausen „dunkel" sinkt die Beobachtungsleistung.

Auch die Raumdeutung, also die Beurteilung des Signalstandortes, ist erschwert. Diese ist aber notwendig, wenn mehrere Signale für mehrere Fahrstraßen nebeneinander stehen. Die Blinkeinrichtung wurde bei den Ö.B.B. daher derart abgeändert, daß einem längeren Aufleuchten (etwa $^2/_3$ des Taktes) eine kürzere Pause „dunkel" (etwa $^1/_3$ des Taktes) folgt. Der Zustand „dunkel" braucht dabei nicht mit einem gänzlichen Verlöschen des Lichtes gleichbedeutend sein. Das Licht muß also nur hinsichtlich der Stärke, allerdings ausgiebig, schwanken. Dadurch wird auch der Faden der Glühlampe geschont. Diese Art des Blinkens wird von den Zugmannschaften bevorzugt und hat sich gut bewährt.

Bedienung und Raumbedarf.

Die Betätigung der Lichtsignale erfolgt lediglich durch Schaltvorgänge. Die Bedienung beschränkt sich daher auf die Handhabung des Signalschaltknebels und erfordert keinen Kraftaufwand. Um so mehr Aufmerksamkeit kann der Stellwerkswärter den Überwachungslampen und seinen sonstigen Obliegenheiten widmen. Hinsichtlich der Lichtsignale sind dies: die Betätigung der Schalter auf der Schalttafel, Beobachtung des Blinkers, der Relais, des Spannungszeigers, des Weckers beim Verlöschen des roten oder grünen Lichtes, schließlich der Austausch von Sicherungen und Lampen. Diese Obliegenheiten finden aber nur zeitweise statt und können als Leistung außer Betracht bleiben.

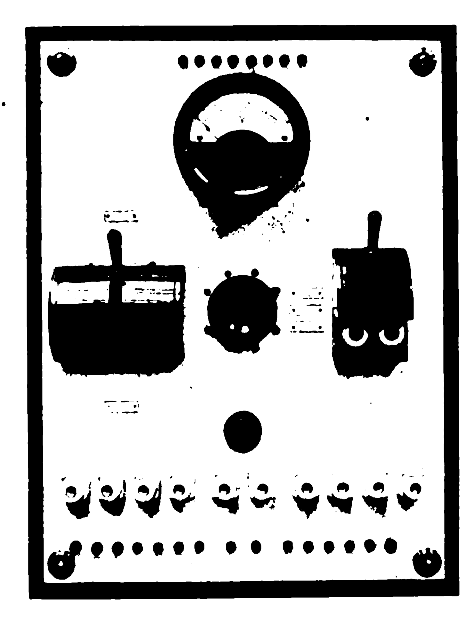


Abb. 8. Schalttafel des Lichttagessignals St. Valentin.

Der Aufwand für die äußere Reinigung der Linsen von Staub und Ruß ist je nach der Anzahl der Lichtsignale und deren Standort verschieden. Gegebenenfalls muß hierzu ein Bediensteter des Bahnhofshilfsdienstes herangezogen werden.

Der Raumbedarf für die Lichtsignaleinrichtungen im Stellwerk ist gering und beträgt nur einen Bruchteil des für Formsignale Notwendigen: Je einen Schaltknebel für jede Fahrtrichtung ohne Rücksicht auf die Anzahl der Fahrstraßen. Beim Einbau von Lichtsignalen in ein mechanisches Stellwerk sind die Fahrstraßenknebel durch Kontakte, die jedoch auf der Hebelbank selbst keine Felder beanspruchen, zu ergänzen. Jeder Signalschaltknebel erfordert den Raum eines Hebel-

*) Nach dem Vortrag über die Erkennbarkeit der Signale, gehalten auf dem Deutschen Bahnärztetag 1927 in Wien.

feldes. Alle übrigen Einrichtungen für die Lichtsignalanlage, wie Blinker, Relais, Schalttafel (siehe Textabb. 8) sind nicht an einen bestimmten Platz gebunden.

Die Maste der Lichtsignale sind nur 10 bis 15 cm breit und besitzen keinerlei weitere Ausrüstung in der Breite. Die Maste der Formsignale haben samt Ausrüstung eine Breite von 50 cm und mehr. Die Vorteile des schmalen Lichtsignalmastes bei Aufstellung von Lichtsignalen zwischen den Gleisen oder bei Bemessung des Gleisabstandes sind nicht zu unterschätzen.

Ein weiterer Vorteil des Lichtsignales liegt in der Möglichkeit, es auf große Entfernungen vom Stellwerk aufstellen zu



Abb. 9. Kontakte an den Fahrstraßenknebeln der Lichtsignalanlage St. Valentin.

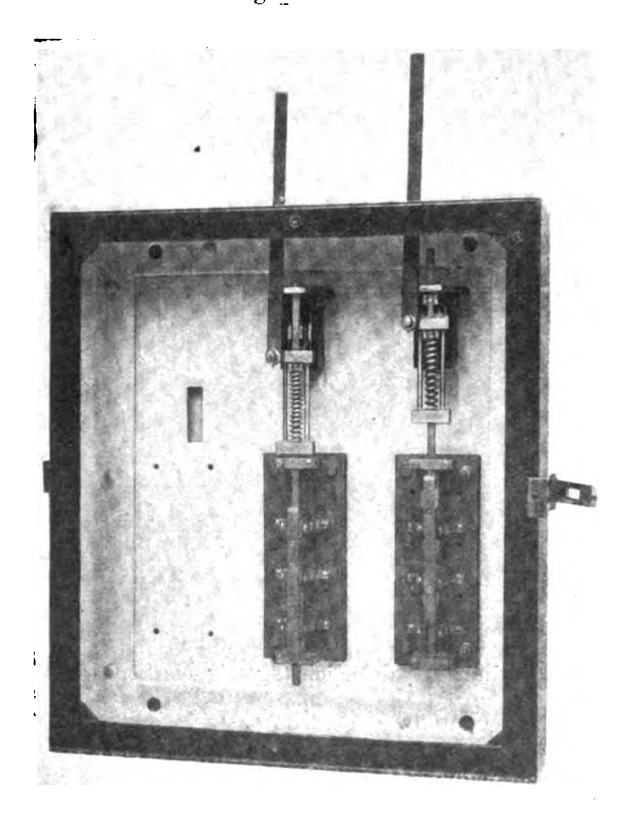


Abb. 10. Kontakte an den Signalschaltknebeln der Lichtsignalanlage St. Valentin.

können. Hierdurch ist eine größere Freizügigkeit bei Wahl des Aufstellungsortes gegeben und es könnte somit auch dem etwaigen Wunsche nach Vergrößerung des Bremsweges leichter Rechnung getragen werden. Beim mechanisch betätigten Signal ist die Stellentfernung begrenzt.

Die Ausrüstung einer bestehenden mechanischen Sicherungsanlage mit Lichtsignalen ist im Hinblick auf deren geringen Raumbedarf oft auch mit erheblichen wirtschaftlichen Vorteilen verbunden. Dies war beispielsweise bei der Sicherungsanlage des Bahnhofes St. Valentin der Fall. Die Stellwerke dieses Bahnhofes waren voll ausgenützt. Der Umbau der Gleisanlage erforderte den Einbau einer weiteren Anzahl von Weichenstell- und Verriegelungshebeln. Ferner war auch die bestehende Signalisierung der Ausfahrten nur einarmig für zwei Fahrtrichtungen, somit unzulänglich. Die vorschriftsgemäße Ergänzung der Sicherungsanlage mit mechanisch betätigten Signalen hätte die Erneuerung und Vergrößerung der Stellwerke und der Stellwerkshäuser mit einem Aufwand von rund 115000 S erfordert. Durch die Anwendung von Lichtsignalen konnte mit einer Ergänzung der bestehenden Stellwerke das Auslangen gefunden werden. Der Aufwand hierfür betrug 55000 S. Dabei wurde überdies eine bessere Sicht der Ausfahrsignale erreicht (siehe Taf. 3 und die Textabb. 9 und 10).

Schaltung.

Die Schaltung der Lichtsignale wird durch die Betriebssicherheit und durch die notwendigen Abhängigkeiten bestimmt. Die Betriebssicherheit der Anlage verlangt neben der einwandfreien Herstellung (grundsätzlich Kabelung aller Leitungen) möglichste Einfachheit der Schaltung, um Fehlerquellen auf ein möglichst geringes Maß herabzusetzen. Dies gilt namentlich für die „Halt"- und „Vorsicht"-Stromkreise. Die geforderten Abhängigkeiten sind verschieden. Dem Wesen des elektrischen Stromes entsprechend sind die Abhängigkeiten unter Aufwand verhältnismäßig geringer Mittel im weitesten Maße durchführbar. Das Ausmaß der Abhängigkeiten wird jedoch wieder durch die Wahrung der Betriebssicherheit begrenzt. Abhängigkeiten sind zumeist herzustellen zwischen dem Ausfahr- (Durchfahr-) Vorsignal und dem Einfahrsignal eines Bahnhofes oder zwischen dem Ausfahrsignal des einen und dem am gleichen Ort stehenden Einfahrvorsignal des Nachbarbahnhofes, wenn diese Signale sich an einem Mast befinden, wie überhaupt dann, wenn mehrere Signale an einem Punkt zusammengefaßt werden müssen, was zur Vermeidung von Signalhäufungen anzustreben ist. Eine Übersicht solcher Abhängigkeiten zeigen die Zusammenstellungen 1 u. 2 auf Seite 23.

Eine Reihe dieser Abhängigkeiten ist bei mechanisch betätigten Formsignalen nicht durchführbar. Hierdurch ist das Lichtsignal dem Formsignal auch in der Anwendungsmöglichkeit überlegen. Eine Reihe ähnlicher an den Signaldienst gestellter Aufgaben kann überhaupt erst durch die Verwendung von Lichtsignalen gelöst werden.

Das Lichtsignal kann durch Einbau eines vom Zug betätigten Schalters (Relais) auch für die Wirkung des Haltfallsignals ausgebildet werden. Ein weiterer Vorteil des Lichtsignales ist die Möglichkeit, das Vorsignal mit drei Signalbegriffen ausstatten zu können.

Die Abbildungen 2, 3 und 4, Taf. 2 zeigen ausgeführte Schaltungen auf Bahnhöfen mit mechanischen Stellwerken.

Instandhaltung.

Der Aufwand für die Instandhaltung der Lichtsignale ist gegen jenen für die Formsignale als gering zu bezeichnen. Die Lichtsignale sind vor allem den Witterungseinflüssen entzogen. Temperaturwechsel, Schnee, Frost und Vereisung verursachen bei Formsignalen viel Arbeit, um den dauernden Betrieb aufrecht zu erhalten. Bei Lichtsignalen beschränkt sich die Instandhaltungsarbeit auf die äußere Reinigung der Linsen, die etwa nötige Erneuerung des Anstriches und auf den regelmäßigen, zeitlich festgelegten Austausch der Glühlampen. Um den Zustand „Lampe verlöscht" bei Lichtsignalen möglichst zu vermeiden, werden die in Betrieb befindlichen Lampen schon vor Ablauf der gewöhnlichen Brenndauer ausgetauscht. Die ausgewechselten Lampen werden gleich unbrauchbar gemacht. Dies bedeutet keinen Nachteil, da die wirtschaftliche Grenze der Brenndauer der Lampe weit unter ihrer Lebensdauer liegt. Das Lichtsignal besitzt keine beweglichen Teile, somit auch keinen Verschleiß an solchen; ebenso entfällt das am Signalmast oft recht umständliche Schmieren der bewegten Teile, sowie die Regulierung der Spannung der Drahtzüge. Im Verhältnis zur Anzahl der Bestandteile einer Einrichtung kann auch der Aufwand für die Instandhaltung, den Ersatz

Zusammenstellung 1.
Signalbilder und Abhängigkeiten bei Lichttagessignalen im allgemeinen.

● = rotes Licht   ⦶ = weißes Blinklicht   ⊗ = Lampe dunkel
◉ = grünes Licht   ○ = weißes Licht   ⌖ = Lampe verlöscht, gestört

A. Ungestörter Betrieb.

Bild	Vorsignal	Zugehöriges Hauptsignal	Benennung des Signalbildes	
1	◉ ⊗	● ⊗	Vorsignal: „Vorsicht" Hauptsignal: „Halt"	Grundstellung
2a	⊗ ○	⊗ ⦶	Vorsignal: „Frei" Hauptsignal: „Frei"	(Vor- und Hauptsignal mit gemeinsamem Stellknebel)
2b	⊗ ○ ◉ ⊗	⊗ ⦶	Vorsignal: „Frei" oder „Vorsicht" Hauptsignal: „Frei"	(Vor- und Hauptsignal mit getrennten Stellknebeln)

B. Gestörter Betrieb.

Bild	Vorsignal	Hauptsignal	Art der Störung	Zu forderndes Bild am Vorsignal	Zu forderndes Bild am Hauptsignal	Nötige Maßnahmen
3	◉ ⊗	⌖ ⊗	Rot verlöscht	◉ ⊗	⊗ ⊗	Weckerzeichen, Lampe austauschen
4	⌖ ⊗	● ⊗	Grün verlöscht	⊗ ⊗	● ⊗	Weckerzeichen, Lampe austauschen
5	◉ ⊗	⊗ ⌖	Weiß verlöscht	◉ ⊗	● ⊗	Lampe austauschen, Zug einholen
6	⊗ ○	⊗ ⌖	Weiß verlöscht	◉ ⊗	● ⊗	Lampe austauschen, Zug einholen
7	⌖ ⊗	⊗ ⦶	Grün verlöscht	⊗ ⊗	● ⊗	Weckerzeichen, Lampe austauschen
8	⊗ ⌖	⊗ ⦶	Weiß verlöscht	◉ ⊗	⊗ ⦶	Lampe austauschen

und die Verrechnung, die Konstruktions- und Normungsarbeit, sowie die Lagerhaltung der Bestandteile und schließlich auch der Verbrauchsstoffe gewertet werden. Die Zusammenstellung 3 auf Seite 24 und Abb. 3, Taf. 3 lassen in runden Ziffern die Anzahl der Bestandteile von zweiarmigen Signalen verschiedener Bauarten (Textabb. 11, 12, 13 und 1) ersehen. Die in dem Stellwerksraum untergebrachten Teile der Lichtsignalanlage sind zumeist marktgängige Gegenstände, wie Kontakte, Schalter, Transformatoren, Sicherungen u. ä. und erfordern keine besondere Vorsorge.

Zusammenstellung 2.
Signalbilder und Abhängigkeiten bei Lichttagessignalen auf gemeinsamem Mast.

A. Ungestörter Betrieb.

Bild	Hauptsignal	Vorsignal zum nächsten Hauptsignal	Benennung des Signalbildes	
1	● ⊗	⊗ ⊗	„Halt"	Grundstellung
2	⊗ ⦶	● ⊗	Hauptsignal: „Frei" Vorsignal: „Vorsicht"	
3	⊗ ⦶	⊗ ○	Hauptsignal: „Frei" Vorsignal: „Frei"	

B. Gestörter Betrieb.

Bild	Hauptsignal	Vorsignal	Art der Störung	Zu forderndes Bild am Hauptsignal	Zu forderndes Bild am Vorsignal	Nötige Maßnahmen
4	⌖ ⊗	⊗ ⊗	Hauptsignal: Rot verlöscht	⊗ ⊗	⊗ ⊗	Weckerzeichen, Lampe austauschen
5	⊗ ⌖	◉ ⊗	Hauptsignal: Weiß verlöscht	● ⊗	⊗ ⊗	Lampe austauschen, Zug einholen
6	⊗ ⌖	⌖ ⊗	Hauptsignal: Weiß verlöscht Vorsignal: Grün verlöscht	● ⊗	⊗ ⊗	Lampe austauschen, Zug einholen
7	⊗ ⌖	⊗ ○	Hauptsignal: Weiß verlöscht	● ⊗	⊗ ⊗	Lampe austauschen, Zug einholen
8	⊗ ⌖	⊗ ⌖	Hauptsignal: Weiß verlöscht Vorsignal: Weiß verlöscht	● ⊗	⊗ ⊗	Lampe austauschen, Zug einholen
9	⊗ ⦶	⌖ ⊗	Vorsignal: Grün verlöscht	● ⊗	⊗ ⊗	Weckerzeichen, Lampe austauschen, Zug einholen
10	⊗ ⦶	⊗ ⌖	Vorsignal: Weiß verlöscht	⊗ ⦶	◉ ⊗	Lampe austauschen

Die Bauart der nicht marktgängigen Einrichtungen und zwar der Blinkeinrichtung und der Magnetschalter (Relais) hat sich bisher durchaus bewährt.

Das Formsignal wirkt in vielen Fällen auch durch seine Farbe, wie im Abschnitt Sichtbarkeit bereits angeführt wurde. Zum Anstrich dieser Signale dürfen nur Farben und Lacke besonderer Güte und bestimmter Tonung, also teuere Stoffe

Zusammenstellung 3.
Anzahl der Bestandteile von zweiarmigen Signalen verschiedener Bauarten.

	Signalbauart	Anzahl der Bestandteile (ausschließlich Nieten, Schrauben, Splinten u. ä. und ausschließlich Motor bei Bauart c)		
		fest	bewegt	insgesamt
a	Mechanisch betätigtes Signal (ohne Leitung); siehe Textabb. 11 . .	250	50	300
b	Desgl. mit elektromagnetischer Armkupplung; siehe Textabb. 12	160	160	320
c	Elektrisch betätigtes Signal (Starkstrom); siehe Textabb. 13 . . .	120	100	220
d	Lichttagessignal; siehe Textabb. 1	100	—	100



Abb. 11. Mechanisch betätigtes Armsignal.

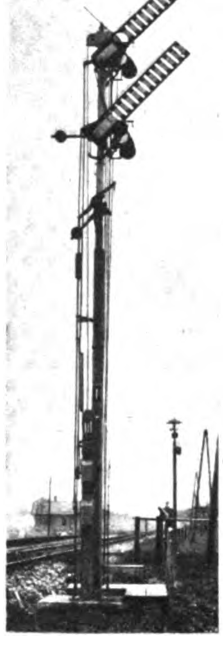


Abb. 12. Mechanisch betätigtes Armsignal mit elektromagnetischer Armkupplung.

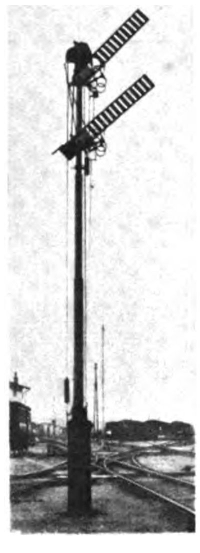


Abb. 13. Elektrisch betätigtes Armsignal.

verwendet werden. Der Anstrich eines Formsignals ist durchschnittlich alle 2 bis 4 Jahre zu erneuern; jener des Signalzeichens (Arm oder Scheibe) oft schon nach Wochen, wenn er nicht, wie die emaillierten Signalarme oder Überschubbleche, gewaschen werden kann.

An der Instandhaltung der Formsignale sind bei den Ö.B.B. drei Bedienstete beteiligt: Der Signalmeister, der Signalschlosser und der Signalhelfer (Schmierer). Auf größeren Bahnhöfen kommt auch noch der Lampenwärter hinzu. Die Instandhaltung der Lichtsignale beansprucht nur den Signalmeister.

Betriebskosten.

Diese bestehen aus den Verbrauchs- und den Instandhaltungskosten. Die Verbrauchskosten der zumeist für Petroleumbeleuchtung eingerichteten Formsignale setzen sich aus dem Verbrauch an Petroleum, Docht, Zylinder, Farbgläsern, Schmier- und Putzmitteln und aus der Lagerhaltung dieser Stoffe zusammen. Die Betriebskosten eines zweiarmigen Mastsignales können rund mit 300 S*) jährlich nur geschätzt werden. Die Betriebskosten eines Lichtsignales (die Anzahl der Lampen für das rote oder grüne Signallicht ist ausschlaggebend) bestehen aus dem Verbrauch an Strom und Glühlampen und aus dem Aufwand für die Instandhaltung, wobei der Stromverbrauch den Hauptteil der Kosten bildet. Bei einem Strompreis von 20 g**) je Kilowattstunde und bei Verwendung einer 30 Watt-Lampe sind die Betriebskosten eines Lichtsignales rund mit 140 S jährlich zu schätzen. Durch Abschalten einzelner oder mehrerer Lichtsignale in größeren Betriebspausen können dieBetriebskosten noch vermindert werden.

Betriebssicherheit.

Hinsichtlich der Betriebssicherheit steht das Lichtsignal dem Formsignal nicht nach. Häufig wird angeführt, daß das Lichtsignal im unbeleuchteten Zustand als Betriebsgefahr aufzufassen sei. Ein unbeleuchtetes Signal ist unter Umständen tatsächlich nicht leicht auffindbar. Dieser Mangel besteht jedoch bei Dunkelheit oder Nebel auch beim Formsignal. Vorschriftsgemäß ist ein bei Dunkelheit unbeleuchtetes Signal im gefährlicheren Sinne aufzufassen. Es ist notwendig, auch das unbeleuchtete Signal sicher wahrnehmbar zu machen. Mittel hierzu sind die bei Vorsignalen verwendeten Merkzeichen und Baken, auf deren Anwendung auch bei Lichtsignalen nicht verzichtet werden darf. Vor allem ist jedoch zu trachten, das Durchbrennen einer Lampe im Betrieb nach Tunlichkeit zu verhindern und wenn dies schon eingetreten ist, dem Stellwerkswärter wahrnehmbar zu machen. Diesen Zwecken dienen der sorgfältige Bau der Anlage, die gewissenhafte Auswahl der Lampen, deren zeitlich festgesetzte Auswechslung, die Anordnung der Überwachungslampen und das Ertönen eines Weckers beim Verlöschen des roten oder grünen Lichtes.

Für den Fall, daß der Betriebsstrom ausbleibt, ist eine zweite selbständige Stromquelle vorzusehen.

Rückblick und Ausblick.

Ein kurzer Rückblick auf den Werdegang der Signale läßt erkennen: den ursprünglich einfachen, örtlich bedienten Signalzeichen folgten die mit einfachem und später die mit Doppeldrahtzug fernbedienten Signale. Die letztgenannte Bauart ist heute noch am weitesten verbreitet. In den Jahren 1890 bis 1900 wurde erstmalig durch die Firma Siemens und Halske der elektrische Strom als Hilfsmittel zur Betätigung der Signale herangezogen und schließlich auch das mechanisch betätigte Signal elektrisch gesteuert (Kupplungssignal). Bei diesen Signalen bildet der elektrische Strom das Betriebsmittel und bewegt oder steuert die mechanischen Signalteile. Es ist naheliegend, bei solchen Signalen die mechanischen Teile fortzulassen und die Wirkungen des elektrischen Stromes unmittelbar als Signalzeichen zu verwenden. Dies ist beim Lichtsignal der Fall. Der Werdegang des Lichttagessignales ist somit natürlich und wir sollten unter Wahrung der bisherigen Grundsätze des Signalwesens uns von den althergebrachten mechanischen Signalen allmählich trennen und den Lichtsignalen besondere Aufmerksamkeit zuwenden.

Das Lichtsignal fällt in seiner gebräuchlichen Form zum Teil in das Gebiet der Beleuchtungstechnik. Diese hat sich in den letzten Jahren einen außerordentlich umfangreichen Anwendungsbereich gesichert und gewaltige Fortschritte gemacht. Unter Wahrung des Grundsatzes „das Beste für die Zwecke des Sicherungswesens“ sind wir gezwungen, auch die Erfolge der Beleuchtungstechnik unseren Zwecken nutzbar zu machen.

Bei den gebräuchlichen Signalen werden die Signalzeichen gleichlaufend mit der Gleisachse, dem Zuge entgegen,

*) 300 S = 180 *RM*.
**) 20 g = 12 *Rpf*.

gegeben. Wie eingangs bereits ausgeführt, ist die Beobachtungsleistung von der Sichtbarkeit und der Beobachtungszeit abhängig. Der Sichtbarkeit sind Grenzen gesetzt. Die Beobachtungszeit wird mit der Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit — und diese ist voraussichtlich noch nicht abgeschlossen — geringer und die Gefahr der Nichtbeachtung des in der Vorsichtstellung befindlichen Vorsignales größer. Zur Beseitigung dieser Gefahr dienen die Ankündigungsbaken wie auch die Beeinflussung der Fahrgeschwindigkeit der Züge durch die in Gefahrstellung befindlichen Signale (Zugbeeinflussung). Es bleibt zu erwägen, ob die Ankündigungsbaken bei Lichtsignalen nicht ebenfalls durch kräftige Lichtzeichen (Lichtsignalreihen) ersetzt oder unterstützt werden könnten. Sie sollten senkrecht zur Gleisachse oder unter einem stumpfen Winkel zu dieser leuchten und nur bei Gefahrstellung des Vorsignales durch den fahrenden Zug eingeschaltet werden.

Schließlich sei auch noch die Beeinflussung der Fahrgeschwindigkeit der Züge bei Gefahrstellung des Vorsignales erwähnt. Zur Lösung dieser Aufgabe ist häufig Strom in irgend einer Form vom Haupt- bis zum Vorsignal und darüber hinaus notwendig. Solcher ist bei den Lichtsignalen vorhanden und seine Heranziehung zu dem genannten Zweck immerhin denkbar.

Über die Beheizung der Lokomotivschuppen.

Von Reichsbahnoberrat Dr. **Landsberg.**

Über die Notwendigkeit der Beheizung von Lokomotivschuppen bestehen Meinungsverschiedenheiten. Während in der Literatur und teilweise auch in der Praxis die Heizeinrichtungen in Lokomotivschuppen, besonders in solchen rechteckiger Form mit wenigen Toren, für überflüssig gehalten werden, sind in den meisten Lokomotivschuppen tatsächlich Heizeinrichtungen anzutreffen, zum größten Teil als Öfen verschiedener Bauart, weniger häufig als Dampfheizungen.

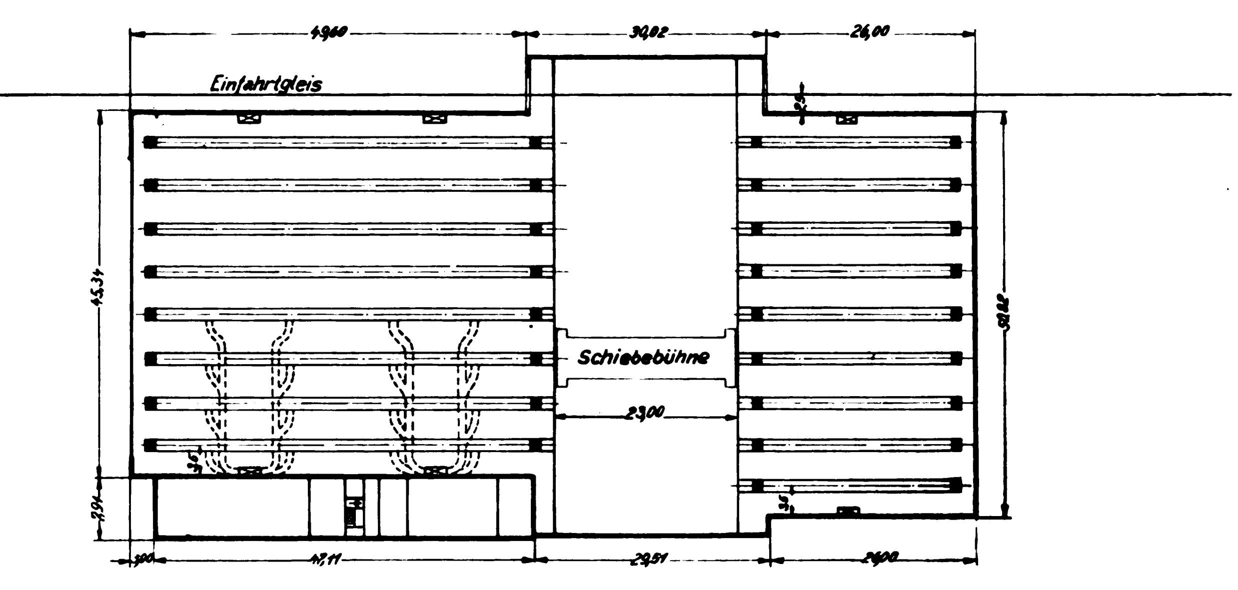


Abb. 1. Lokomotivschuppen, als Beispiel für die Versuchsheizung.

Im folgenden soll versucht werden, über die maßgebenden Gesichtspunkte bei dieser Frage Klarheit zu gewinnen.

Die Lokomotivschuppen sind als Gebäude dadurch gekennzeichnet, daß sie, um ihrem Zweck der Abstellung der Lokomotiven zu genügen, einen großen Rauminhalt haben, verhältnismäßig leicht gebaut sind, durch die notwendige Lichtzufuhr und die erforderlichen Tore bedeutende Abkühlflächen haben und daher hohe Wärmeverluste aufweisen. Die Wärmeverhältnisse in den Schuppen sind außer von den baulichen Bedingungen in erster Linie von der Betriebsführung abhängig, d. h. von der Zahl der unter Dampf abgestellten Lokomotiven (Wärmezugang) und der Häufigkeit des Öffnens und der Dauer des Offenhaltens der Türen (Wärmeverlust). Dem zweifellos richtigen Bestreben, den Lokomotivschuppen nach Möglichkeit geschlossen zu halten, stehen aber erfahrungsgemäß praktisch große Schwierigkeiten entgegen, die nicht nur durch den Wechsel der Lokomotiven, sondern auch durch die Notwendigkeit, die Lokomotiven für bestimmte Zwecke umzusetzen, begründet sind. (Letzteres besonders bei halbrunden Schuppen.)

Mit der Abstellung ist auch die Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft der Maschine verbunden, die sich nicht nur auf die Reinigung der Lokomotive, das Säubern und Füllen der Schmiergefäße und Ölbehälter und Auswaschen der Kessel, Anheizen und dergl. erstreckt, sondern auch auf die erforderlich werdenden Ausbesserungsarbeiten an Kessel, Maschine usw.

Bei der Art dieser Arbeiten und unter Berücksichtigung der Eigenwärme der unter Dampf stehenden Lokomotiven könnte es also tatsächlich erscheinen, daß eine Raumheizung unnötig ist. Anderseits ist es aber möglich, dass die Temperatur in den Schuppen erheblich, bei niedriger Aussentemperatur auch unter 0 Grad sinkt, besonders dort, wo vorzugsweise Güterzuglokomotiven abgestellt werden, die an Sonn- und Feiertagen nur wenig oder garnicht wechseln. Mit Rücksicht auf die Gefahr, dass Teile an den Lokomotiven einfrieren und beschädigt werden, erscheint es doch notwendig, Heizeinrichtungen vorzusehen.

Hierbei ist grundsätzlich zu unterscheiden:

A. die Beheizung des gesamten Raumes,

B. die bevorzugte Beheizung einzelner Stellen insbesondere derjenigen, an denen die bei Frost gefährdeten Teile der Lokomotive sich befinden.

Um einen Einblick in den technischen und wirtschaftlichen Zusammenhang zu erhalten, sind die im folgenden dargestellten möglichen Lösungen dieser Aufgabe für einen rechteckigen Lokomotivschuppen, dessen Grundriss in Abb. 1 wiedergegeben ist, durchgerechnet worden; die Wärmeverluste dieses Schuppens, an Hand eines ausgeführten Bauwerkes ermittelt, betragen 1 Million kcal/h für den ungünstigen Fall der Außentemperatur von —20°, wobei jedoch als erforderliche Raumtemperatur nur 5° angenommen wurde.

Da der Wärmezugang von seiten der unter Dampf abgestellten Lokomotiven ebensowenig wie der Wärmeverlust durch Öffnen der Tore erfaßt werden kann*), im übrigen beide Einflüsse in allen durchgerechneten Fällen die gleichen sind, wurden sie außer acht gelassen. Für die Erwärmung des gesamten Raumes wurde nur die Beheizung mittels Hochdruckdampfes in Betracht gezogen, weil eine Durchwärmung des Raumes mittels Öfen an der großen hierfür erforderlichen Zahl und dem hierdurch bedingten Aufwand an Platz und Bedienungskosten scheitert.

A. Die Erwärmung des gesamten Raumes.

Hierfür sind verschiedene Ausführungen möglich und bei dem Vergleich in Betracht gezogen. Die Ergebnisse sind in den Zahlentafeln auf Seite 27 zusammengestellt. In allen Fällen wurde Hochdruckdampf (6 atü) und seine Verwendung in den bisher üblichen glatten oder Rippenrohren zugrunde gelegt (lfd. Nr. 1 und 2). Da gerade für eine schnelle Erwärmung und für vorübergehenden Spitzenbedarf die Luftheizung besonders geeignet ist, wurde die Rechnung auch für die Verwendung von Lufterhitzern aufgestellt, und zwar für ihre ausschließliche Verwendung (lfd. Nr. 3) und für den Fall, daß der Wärmebedarf auf (kleinere) Lufterhitzer zu vorübergehender Inbetriebnahme bei den Spitzen und auf glatte Heizrohre als örtliche Heizfläche für den mittleren Wärmebedarf verteilt wird (lfd. Nr. 4)**). Eine zentrale Lufterhitzung scheidet wegen der umfangreichen Luftverteilungsrohre aus; es wurden entsprechend der Raumgestaltung in jedem Falle 6 Lufterhitzer angenommen, die, an den Seitenwänden aufgestellt, die Luft in verhältnismäßig kurzen quer zu den Gleisen angeordneten Leitungen dem Raum zuführen. Hierfür stehen noch zwei Wege offen, und zwar einmal an den Dachbindern, wobei an einzelnen geeigneten Stellen zwischen den Gleisen die Rohre bis zum Luftaustritt heruntergezogen werden und hier gewissermaßen Öfen ersetzen (lfd. Nr. 3a). Die Austrittsgeschwindigkeit kann bei zweckmäßiger Gestaltung der Austrittsöffnungen in genügender Weise herabgesetzt, der Luftverteiler durch Gitter gegen Beschädigungen geschützt werden. Der andere Weg führt unter den Gleisen in die Gruben und erfordert höhere Kosten für die baulichen Anlagen, hat aber anderseits den Vorteil, gerade die bei den Arbeiten an der Maschine betroffenen Teile rasch zu erwärmen, die Luftleitungen dem zerstörenden Einfluß der Gase zu entziehen und schließlich auch eine wirkungsvollere Raumgestaltung zu ermöglichen (lfd. Nr. 3b).

B. Erwärmung der gefährdeten Stellen.

Bei dieser vergleichenden Betrachtung wurde davon ausgegangen, daß an 13 Stellen zwischen den Gleisen Heizkörper oder Öfen angeordnet werden, die in erster Linie durch Strahlung auf die durch Frost gefährdeten Teile der Maschine (Kupplung zwischen Lokomotive und Tender, Dampfzylinder usw.) wirken (lfd. Nr. 1c und 2a/b). Die Erfahrung ergibt, daß hierfür an jeder Stelle 30000 kcal/h genügen, also insgesamt rund 400000 kcal/h abgegeben werden müssen. Statt an den geschilderten Stellen zwischen den Gleisen können Heizflächen von gleicher Leistungsfähigkeit auch in den Gruben untergebracht werden (lfd. Nr. 1a und b) in Form von Rohren an jeder Wand jeder Arbeitsgrube.

Vergleich der verschiedenen Beheizungsarten.

Die Berechnung der Jahreskosten wurde zunächst für 1200 Heizstunden durchgeführt, wobei für den Fall A der Erwärmung des gesamten Raumes in üblicher Weise die Hälfte des höchsten Stundenbedarfes eingesetzt wurde, während im Fall B für die Erwärmung der gefährdeten Stellen der ermittelte Stundenbedarf voll berücksichtigt werden mußte, weil anzunehmen ist, daß zum mindesten die mit Dampf beheizten Körper während dieser Zeit auch unter Dampf gehalten werden. Diese Annahme wurde auch bei den mit Brennstoff beheizten Öfen gemacht, obwohl es naheliegt, daß diese nur bei wirklichem Bedarf in

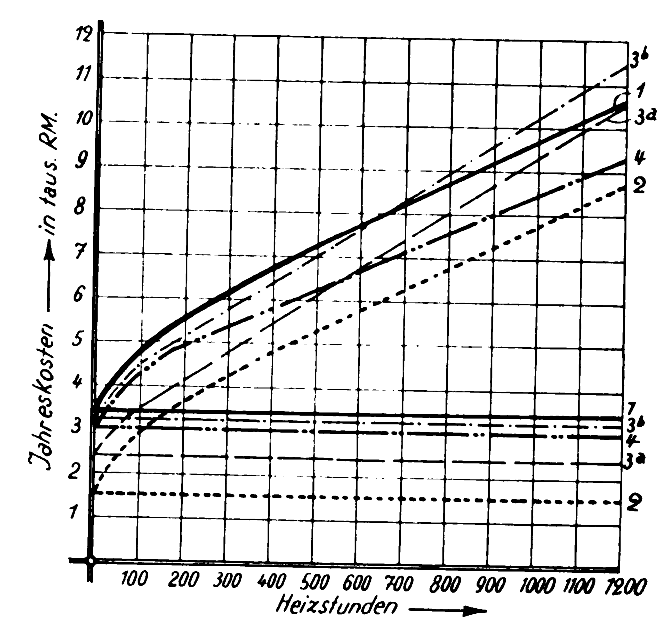


Abb. 2.
A. Heizkosten bei Erwärmung des gesamten Raumes.
1. Glatte Heizrohre.
2. Rippenheizrohre.
3. a) Einzellufterhitzer mit Verteilung am Dach.
b) Einzellufterhitzer mit Verteilung unter dem Fußboden.
4. Glatte Heizrohre und Lufterhitzer für je $^1/_2$ des Wärmebedarfs.

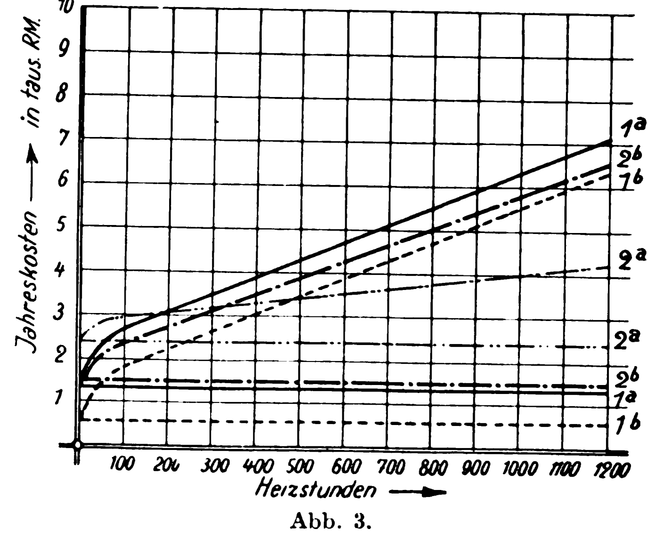


Abb. 3.
B. Heizkosten bei Erwärmung der gefährdeten Stellen.
1. a) Glatte Heizrohre in den Gruben.
b) Rippenheizrohre in den Gruben.
2. a) Ofen mit Löschefeuerung.
b) Ofen mit Kohlenfeuerung.

Brand gesetzt werden, wei hiermit ein besonderer Personal- und Arbeitsaufwand verbunden ist; in der Vergleichsrechnung sind also die Öfen gegenüber der Wirklichkeit zweifellos benachteiligt.

Um die Betrachtung gegenüber der immerhin willkürlichen Annahme von 1200 Heizstunden auf eine allgemeinere Grundlage zu stellen, sind in Abb. 2 und 3 die Jahresheizkosten in

*) Die Heizwirkung der Kanäle oder Rohre der zentralen Rauchabführung ist wegen der geringen Oberflächentemperatur der meist schlecht leitenden Wände und wegen ihrer Lage am Binder nur gering einzuschätzen und deshalb nicht berücksichtigt.

**) Könnte auch als Verbindung von statischer mit dynamischer Heizfläche bezeichnet werden.



A. Erwärmung des gesamten Raumes.

1 000 000 kcal/h bei — 20°.

Heizungsart (6 atü)	Wärmedurchgangszahl k	m² Heizfläche für den lfd. Meter Rohr	Erforderliche Heizfläche m²	Anlagekosten RM	Kapitaldienst: Verzinsung 7%	Kapitaldienst: Abschreibung maschinentechnischer Teil 12%	Kapitaldienst: Abschreibung bautechnischer Teil 5%	Gesamt RM	Betriebskosten: Dampf RM	Betriebskosten: Elektrischer Strom RM	Gesamt RM	Ausgaben insgesamt RM
1. Glatte Heizrohre	12	0,28	606	29000	2030	—	1450	3480	7200	—	7200	10680
2. Rippenheizrohre	6	0,50	1212	13000	910	—	650	1560	7200	—	7200	8760
3. Einzellufterhitzer a) mit Verteilung am Dach	Abhängig von der Bauart und Luftgeschwindigkeit		sechs Lufterhitzer für je 150000 kcal/h *)	19000	1330	216	860	2406	7200	1080	8280	10686
b) mit Verteilung unter dem Fußboden				26000	1820	216	1210	3246	7200	1080	8280	11526
4. Glatte Heizrohre und Lufterhitzer je für ½ des stündlichen Wärmebedarfes			303 m² und sechs Lufterhitzer je 75000 hcal/h	14000 9500	1680	180	1125	2985	6000**)	360**)	6300	9345

*) Rest durch die Heizflächen des Rohrsystems gedeckt (als „örtliche" Heizfläche).

**) Bei 1200 Betriebsstunden der örtlichen Heizfläche ½ von 7200 = 3600,— RM für Dampf.
„ 800 „ „ Lufterhitzer . . . ⅓ „ 7200 = 2400,— „ „ „
Elektrischer Strom für die Lufterhitzer . . . . ½ „ 1080 = 330,— „ „ elektrischen Strom.

B. Erwärmung der gefährdeten Stellen.

400 000 kcal/h bei — 20°.

Heizungsart	Wärmedurchgangszahl k	m² Heizfläche für den lfd. Meter Rohr	Erforderliche Heizfläche m²	Anlagekosten RM	Kapitaldienst: Verzinsung 7%	Kapitaldienst: Abschreibung maschinentechnischer Teil 12%	Kapitaldienst: Abschreibung bautechnischer Teil 5%	Gesamt RM	Betriebskosten: Dampf RM	Betriebskosten: Elektrischer Strom RM	Gesamt RM	Ausgaben insgesamt RM
1. Zentralheizung (6 atü)												
a) Glatte Heizrohre in den Gruben . (Abbildung 5)	12	0,28	240	11500	805	—	575	1380	5760	—	5760	7140
b) Rippenheizrohre in den Gruben . (Abbildung 4)	6	0,50	480	5000	350	—	250	600	5760	—	5760	6360
c) Heizkörper zwischen den Gleisen an Stelle von Öfen				Kosten bei glatten Rohren wie bei a) oder bei Rippenrohren wie bei b)								
2. Ofenheizung						für Öfen 20%	für Öfen 8%		Brennstoff / Bedienung			
a) mit Löschefeuerung	12 Löschöfen und 1 Sandtrockenofen			15000	1050	260	1096	2406	550 / 1200	100	1850	4256
b) mit Kohlenfeuerung	13 Öfen			10000	700	—	800	1500	4100 / 1000	—	5100	6600

Grundlagen: 1 m² Heizfläche gibt $[k(t_m - t_R)]$ kcal ab, wo t_m = mittlere Oberflächentemperatur des Heizkörpers = 142°; t_R = Raumtemperatur gemäß Voraussetzung = 5°; 1 Mill. kcal kostet 12,— RM; 1 kWh kostet 0,10 RM.

Abhängigkeit von den Heizstunden dargestellt. Die Krümmungen der Linien für geringere Heizstundenzahlen bei den veränderlichen Kostenteilen sind dadurch begründet, daß geringere Heizstundenzahlen zweifellos eine häufigere Unterbrechung des Heizvorganges und damit größere Verluste durch Kondensation oder Anheizstoffe zur Folge haben. (Wie ohne weiteres ersichtlich, verringern sich bei dieser Darstellungsart die genannten Verluste gegenüber den errechneten Kosten mit zunehmender Stundenzahl.)

Aus dem Vergleich der Jahreskosten ergibt sich folgendes:

Bei der Beheizung nach Fall A zur Erwärmung des gesamten Raumes hat in jedem Falle der Kostenanteil von Dampf und elektrischem Strom den größten Einfluß; er liegt zwischen 6—8000 RM für das Jahr. Der Anteil für Kapitaldienst unterscheidet sich in den verschiedenen Fällen erheblich; er ist am geringsten bei Verwendung von Rippenheizrohren und am höchsten bei glatten Heizrohren. Dieser Anteil ist auch der

Grund dafür, daß die Verwendung von Rippenrohren den geringsten Jahresaufwand für die Beheizung erfordert.

Die Heizkosten für den Fall B, in dem nur die gefährdeten Stellen erwärmt werden, sind naturgemäß durch die geringeren Anlagekosten und die geringere Wärmeabgabe niedriger. Infolge der Annahme der dauernden Inbetriebhaltung auch der einzelnen Heizkörper ist der Aufwand für Dampf immerhin auch hier so bedeutend, daß im Verhältnis zu der Beheizung des gesamten Raumes die Jahreskosten noch beträchtlich sind. Das Gleiche trifft auf Öfen zu, die mit Steinkohlen oder Koks geheizt werden, infolge des hohen Kostenanteils für den Brennstoff. Dagegen ist der Gesamtaufwand bei Verwendung von mit Lösche gefeuerten Großraumöfen wesentlich geringer (etwa $^2/_3$) und diese stellen somit die billigste Beheizungsart der Lokomotivschuppen dar. Es ist hierbei hervorzuheben, daß die Abschreibungssätze für die Öfen gegenüber den anderen Heizungsarten höher angenommen sind, da wegen der unmittelbaren Wirkung der Feuerung auf die Bauteile mit

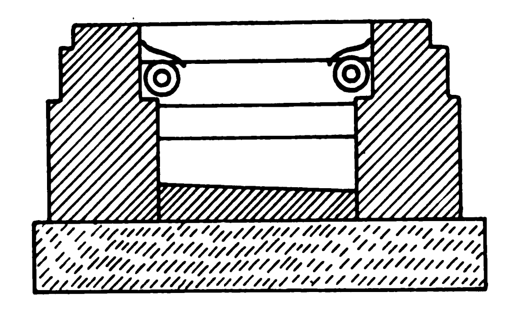


Abb. 4. Verwendung von Rippenrohren.

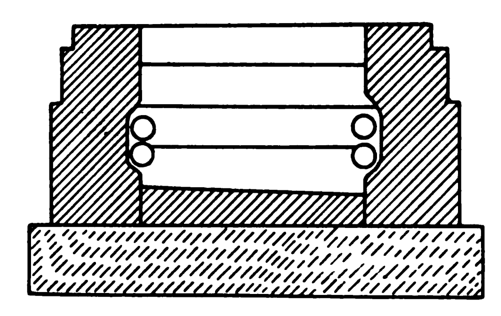


Abb. 5. Verwendung von glatten Rohren.

einer kürzeren Lebensdauer zu rechnen ist. Ausschlaggebend ist aber der Kostenanteil für die Brennstoffe.

Bei dem Vergleich der Veränderlichkeit der gesamten Jahreskosten in Abhängigkeit von der Zahl der Heizstunden ergibt sich, daß bei A eine Überschneidung der Kostenlinie nur bei der mit Lufterhitzern betriebenen Heizung eintritt, da diese infolge des höheren Anteils an beweglichen Kosten (durch Hinzutreten der Kosten für elektrischen Strom) stärker ansteigen als die übrigen. Bei weniger als 600 Heizstunden würde die sonst kostspieligste Heizungsart, ausschließliche Lufterhitzung mit Unterflur-Verteilung (A3b), billiger arbeiten als die Heizung mit glatten Rohren, und bei Verteilung an den Dachbindern (A3a) auch billiger werden als die Verbindung örtlicher Heizfläche mit Lufterhitzern (A4).

Für die unter B aufgeführten Heizungen tritt eine ähnliche Erscheinung bei der Verwendung von Öfen (2b) auf. Die Kostenlinie für Kohlefeuerung verläuft steiler als die für löschegefeuerte Öfen (2a) und schneidet sich mit dieser etwa bei 320 Heizstunden. Die letzte Ofenbauart würde also bereits bei einer größeren Heizstundenzahl als 320 trotz des höheren Anlagewertes Ersparnisse ergeben, die mit wachsender Heizstundenzahl beträchtlich zunehmen. Bemerkenswert ist noch, daß infolge des billigen Brennstoffes bei Verwendung von Lösche trotz der Bedienungskosten, die bei diesen Öfen aufzuwenden sind, die Kostenlinie die geringste Neigung hat und somit gerade bei harten Wintern oder im ungünstigen Klima sämtlichen anderen Heizungsarten bedeutend überlegen ist.

Da diese Zahl niedriger liegt als bei den häufig anderweitig angestellten Vergleichsrechnungen, sei besonders darauf hingewiesen, daß für die vorliegende Rechnung die gleiche Wärmeabgabe an den für erforderlich gehaltenen Stellen des Schuppens die Grundlage bildet. Hierbei müssen Öfen, die besonders für den Zweck der Abstrahlung gebaut sind, solchen Ofenanlagen überlegen sein, die ihrer Bauart nach für Raumbeheizung gedacht und zu diesem Zweck für die Lufterwärmung besonders ausgebildet sind. Die Heizfläche solcher Öfen kann daher für den vorliegenden Zweck der Abstrahlung nicht voll ausgenutzt werden, da ja hier in höherem Maße die Wärme durch die vorbeistreichende Luft von der Oberfläche abgeführt wird. Im vorliegenden Falle ist entsprechend der geforderten Wärmeleistung von 30000 kcal/h je Ofen, für die kohlegefeuerten Öfen etwa 750.— *RM*, für die löschegefeuerten etwa 1100 *RM* im Durchschnitt eingesetzt, beides einschl. der Rauch-Abzugsrohre. Selbst wenn man aber für den kohlegefeuerten Ofen nur die Hälfte dieser Anlagekosten und damit des Kapitaldienstes einsetzen würde, um die (allerdings nicht für den vorliegenden Fall, sondern nur für die Raumheizung maßgebliche) höhere Leistungsfähigkeit zu berücksichtigen, würde die Kostenlinie des Ofens für hochwertige Brennstoffe um einen nur geringen Betrag gesenkt werden, weil für ihn die Kohlenkosten, nicht der Kapitaldienst ausschlaggebend sind. Der Schnittpunkt mit demjenigen des löschegefeuerten Ofens liegt dann etwa bei 560 statt bei 320 Jahresstunden wie in Abb. 3 gezeichnet.

Zu den bisherigen mehr wirtschaftlichen und wärmetechnischen Betrachtungen kommen nun gewichtige praktische Gesichtspunkte für die Beurteilung der einzelnen Heizungsarten. Vorweg sei genommen, daß — wie aus den Zahlen ohne weiteres zu ersehen ist — die Anlage eines Kesselhauses allein für den Zweck einer Lokomotivschuppenheizung nicht in Frage kommen kann. Die Lokomotivschuppenheizung stellt auch für schon vorhandene Kesselhäuser nicht etwa einen ausgleichenden, sondern einen sehr ungünstigen Verbraucher dar.

Soll trotzdem eine Gelegenheit zur Verwendung von Hochdruckdampf ausgenutzt werden, so ist zu berücksichtigen, daß die Anordnung von örtlichen Heizflächen in den Gruben nicht gelöst ist und wahrscheinlich nicht gelöst werden kann. Einige bisher ausgeführte oder vorgeschlagene Beispiele sind in den nebenstehenden Skizzen wiedergegeben; ihre Nachteile, wie z. B. die schlechte Wärmeabgabe infolge der mangelhaften Luftbewegung an den Heizkörpern (Abb. 4) oder infolge der leichten Verschmutzung bei ungeschützter Lage (Abb. 5) sind ebenso wie die Gefahr der Verbrennung der in den Gruben arbeitenden Mannschaften ohne weiteres ersichtlich. Aber auch die Verwendung von Rippenheizrohren zur allgemeinen Beheizung, also an günstigeren Stellen als in den Gruben, ist gerade im Lokomotivschuppen zu verwerfen, da mit einer raschen Verschmutzung der Rippen und Herabsetzung der Wärmedurchgangswerte gerechnet werden muß. Zweckmäßig erscheint hier in erster Linie die Verbindung der in Lufterhitzern untergebrachten Heizfläche mit einer örtlichen Heizfläche, wobei die letztere aus den Zu- und Ableitungen des Dampfes gebildet werden kann. Dieses kommt besonders auch in Frage, wenn nicht Dampf, sondern heißes Wasser unter höherem Druck verwendet wird. Das Verhältnis der beiden Arten der Heizfläche (mit natürlicher und künstlicher Luftbewegung) ist von Fall zu Fall abzuwägen.

Bei der Teilbeheizung ist eine strahlende Wirkung der Dampfheizkörper auf größere Entfernung fraglich. Meistens ist auch die Form der Heizkörper, seien es nun einzelne oder zu Registern zusammengefaßte Rohre, mehr für die Erwärmung von Luft, die in natürlichem Auftrieb an ihnen vorbeistreicht, geeignet. Die Oberflächentemperatur kann auch nicht auf eine solche Höhe gesteigert werden, daß die Abstrahlung große Werte gegenüber der Ableitung annimmt. Für Teilheizung kommen daher in erster Linie Öfen in Frage, die in ihrer Form dem Verwendungszweck angepaßt sind. Dies trifft bei den Öfen mit rechteckigem Grundriß, die die stark strahlenden Seitenflächen den Fahrzeugen zuwenden, zu.

Das Grundsätzliche der vorstehenden Betrachtungen gilt auch für andere Heizungsaufgaben, die im Eisenbahnwesen vorkommen. So kommt z. B. für den Fall, daß die Gleise für die Schnellausbesserungen von Güterwagen gegen Witterungseinflüsse überdacht und geschützt sind, die Verwendung von Öfen in Frage, da auch hier das Bedürfnis nach Erwärmung der einzelnen Arbeitsstellen vorliegt. Ferner sind die hinsichtlich der zentralen Beheizurg angestellten Überlegungen auch bei der Beheizung von Wagenschuppen zu berücksichtigen, wobei allerdings die Tore leichter geschlossen gehalten und so bedeutende Wärmeverluste, wie bei den Lokomotivschuppen vermieden werden können. Bei den zahlreichen im Zusammenhang mit der Elektrisierung der Berliner Stadtbahn errichteten Triebwagenschuppen ist die **Verbindung von Lufthitzern mit örtlicher Heizfläche** verwendet worden; die letztere wurde meistens so bemessen, daß sie den Wärmebedarf bis zu einer Außentemperatur von 0^0 (in einzelnen Fällen bis -5^0) decken kann, während bei tieferer Außentemperatur der zusätzliche Wärmebedarf durch die Lufterhitzer gedeckt wird. Hierbei wurde die Luftverteilung und die Anordnung der örtlichen Heizfläche auf verschiedene Weise gelöst, um Erfahrungen zu sammeln, über die später zu berichten sein wird.

Bestimmung der Fahrzeiten mittels Rechenschiebers.

Von Ing. Dr. techn. **K. Koref,** Košice.

Die Grundlage zur Ermittlung der Fahrzeiten bildet das Strahlsche s/V-Diagramm. Eine ganze Reihe verschiedener zeichnerischer Verfahren sind bereits veröffentlicht worden (s. u. a. Jahrgang 1924, S. 117, und 1925, S. 1 dieser Zeitschrift). Wenn hier ein weiteres Verfahren angegeben wird, geschieht dies deshalb, weil es ein rascheres und beliebig genaues rechnerisches Verfahren darstellt, bei welchem die Zeichnung entbehrlich wird; die zeichnerische Darstellung der Rechnungsergebnisse ist, falls man sie ausführen will, an keinerlei bestimmte Maßstäbe gebunden.

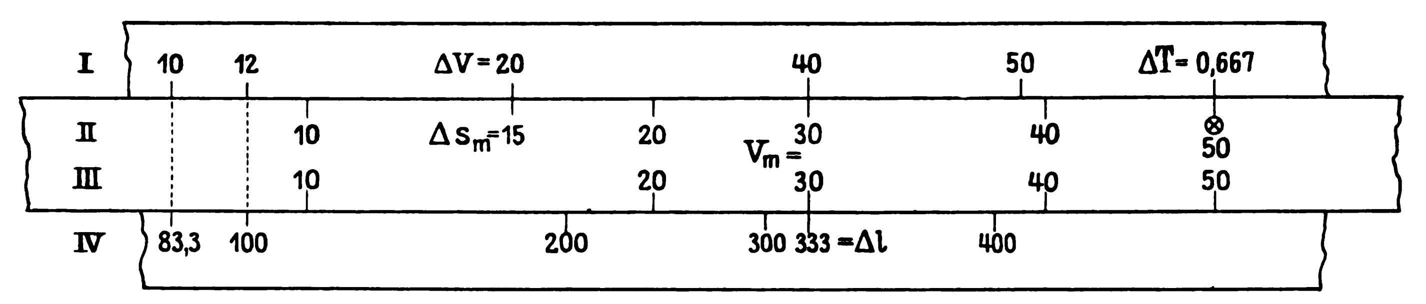


Abb. 1. Rechenschieber zur Fahrzeitenbestimmung.

Das s/V-Diagramm wird nach üblichen Verfahren entworfen; man kann auch das kurze, rechnungvermeidende Verfahren des Verfassers*) anwenden.

Bezeichnet man die Differenz der s-Ordinate des Diagramms und der jeweiligen Streckenneigung s_n mit dem Zeichen Δs, so stellt $\pm \Delta s$ die beschleunigende (verzögernde) Kraft in kg je 1 Tonne des Gesamtzuggewichtes dar. Mit Berücksichtigung des $6\,^0/_0$-Zuschlages für Trägheitsmomente der sich drehenden Räder und mit $g = 9{,}81$ m/sec², wird die Beschleunigung (Verzögerung)

$$\gamma = \frac{dv}{dt} = \frac{\Delta s}{\frac{1000}{9{,}81} \cdot 1{,}06} = \pm \frac{\Delta s}{108} \text{ m/sec}^2.$$

Betrachten wir kleinere Zwischenstufen, in denen sich Δs als mittlerer, unveränderlicher Wert Δs_m ansehen läßt, so ist die Bewegung in der Stufe $\Delta v = v_2 - v_1$ gleichförmig beschleunigt mit $\gamma_m = \pm \frac{\Delta s_m}{108}$. Wir entnehmen Δs_m dem s/V-Diagramm.

Die Bewegungsgleichungen bekommen somit nachstehende Form:

$\Delta v = \gamma_m \Delta t$ .... Δv = Geschw.-Stufe in m/sec $= v_2 - v_1$

Δt in Sekunden $= t_2 - t_1$

$$\Delta l = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2\gamma_m} \qquad \Delta l = \text{Weg in Metern}$$

$$= \frac{(v_2 - v_1)(v_2 + v_1)}{2\gamma_m} = \frac{\Delta v (v_2 + v_1)}{2\gamma_m}$$

Nun bezeichnen wir $\frac{V_2 + V_1}{2} = V_m$ und erhalten nach Umrechnung von $v^{m/sec}$ in $V^{km/h}$ und der Sekunden in Minuten ....

$$\Delta V = \frac{3{,}6 \,.\, 60 \,\Delta T \,\Delta s_m}{108} = 2\,\Delta s_m \,.\, \Delta T$$

$$1)\quad \Delta T = \frac{\Delta V}{2\,\Delta s_m}$$

$$2)\quad \Delta l = \frac{\Delta V . V_m\, 108}{3{,}6^2\,\Delta s_m} = \frac{\Delta V . V_m}{0{,}12\,\Delta s_m}$$

Durch Konstruktion eines logarithmischen Rechenschiebers mit Hilfe beider Gleichungen erreichen wir die Ablesung von Δt und Δl mit je einer Einstellung der Zunge.

Der Rechenschieber trägt vier gleiche logarithmische Teilungen; die Teilungen für ΔV, Δs und V_m sind identisch, die Teilung für Δl ist um die Konstante lg . 0,12 gegen die ersteren nach rechts verschoben, wie Abb. 1 zeigt. Es empfiehlt sich, eine Skala in recht großem Maßstabe, z. B. 25 cm, zu benützen. Der Stellenwert der Ergebnisse ist wie beim normalen Schieber festzustellen; er ergibt sich jedoch bei einiger Übung durch die übliche Abschätzung.

Die Zeit ΔT in Minuten und, bei unveränderter Stellung der Zunge, auch der zurückgelegte Weg Δl im gewählten Zwischenraum $\Delta V = V_2 - V_1$ ergibt sich ein-

*) Hierüber erscheint ein Aufsatz in einem der nächsten Hefte des Organs.

fach derart, daß man den, dem s/V-Diagramm entnommenen Wert Δs_m (auf der Kurve $s = f[V]$ in der Mitte der Stufe, d. h. bei $V_m = \frac{V_2 + V_1}{2}$) unter ΔV einstellt. Nun findet man auf der obersten Teilung I, die auch für ΔT gilt, den Wert ΔT oberhalb des mit ⊗ bezeichneten Striches 0,5 der oberen Zungenteilung II; auf Teilung III der Zunge suchen wir V_m auf und lesen darunter auf Teilung IV den Wert Δl ab. Als Beispiel ist in Abb. 1 ΔT und Δl für die gegebenen Werte $V_2 = 40$, $V_1 = 20$, $\Delta V = 20$, $\Delta s_m = 15$ bestimmt; man liest ab: $\Delta T = 0{,}667'$ und unter $V_m = 30$ findet man $\Delta l = 333$ m.

Der Rechenschieber kann mit Vorteil auch zur Auswertung vorhandener Schaulinien eines Geschwindigkeitsmessers, z. B. der Bauart Hausshälter, verwendet werden. Aus dem Streifen ist stets die Geschwindigkeit und die Zeit zu entnehmen. Es lassen sich demnach alle benötigten Daten einfach bestimmen. Die Bestimmung der Zugkräfte, die Nachprüfung der Widerstandsformeln, die Verarbeitung von Auslaufkurven zur Erstellung der Widerstandsformel (gegeben Δl, ΔV, V_m, gefunden wird der mittlere Widerstand in der Geschwindigkeitsstufe), ferner die Beurteilung der Bremswirkung, die Bestimmung des Reibungskoeffizienten, alle diese Fragen lassen sich mit dem Rechenschieber erledigen.

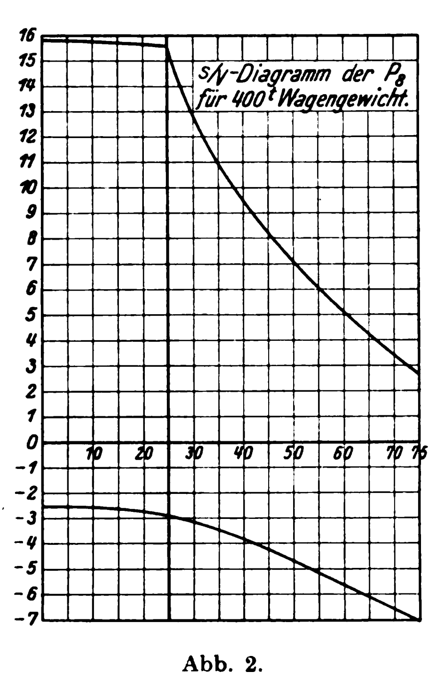


Abb. 2.

Vor Anführung eines Beispieles für die Fahrzeitenberechnung sei noch erwähnt: 1. Bei Erreichung der Beharrungsgeschwindgkeit wird angenommen, der Lokomotivführer fahre nicht gerade mit jener theoretischen Füllung, welche der Beharrungsgeschwindigkeit entspricht, sondern mit einer wenig höheren, so daß diese Geschwindigkeit in endlicher Zeit erreicht wird; es ist dies die übliche Annahme einer etwas höheren Beanspruchung der Lokomotive. Die berechneten Zeiten sind um ~ 0,5 % verschieden, je nachdem man eine große Zwischenstufe im ganzen oder in kleineren Abschnitten rechnet. Je nach der Größe der Stufen erscheint nur das Fahrschaubild vor der Beharrungsgeschwindigkeit etwas verändert.

2. Die Benützung der Angaben Rossecks im Organ 1915 über die Bremsverzögerung ergibt für luftgebremste D-Züge folgende Tabelle der anzunehmenden mittleren Bremskräfte Δs_{br}. kg/t.

Zustand der Schienen	V=	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Trocken	Δs_{br}	110	116	121	123	137	149	165	189	231
Naß	Δs_{br}	63	66	69	73	77	84	93	108	130

Man kann mit diesen Werten die Bremskurve in das Fahrschaubild einzeichnen, wenn man den Rechenschieber in der erläuterten Weise verwendet. Für handgebremste Güterzüge kann man mit einer mittleren Bremsverzögerung*) $y = -0{,}2$ m/sec², d. h. mit $\Delta s_{br} = -21{,}6$ kg/t rechnen.

Das Verfahren soll nun an dem Beispiel erläutert werden, welches die Grundlage der angeführten Aufsätze im Organ 1924 bildet.

Es wird das s/V-Diagramm der P_8-Lokomotive und das Längenprofil aus diesen Arbeiten übernommen und das Fahrschaubild berechnet; die Zeichnungen 2 und 3 stellen das s/V-Diagramm, das Längenprofil und das Fahrschaubild dar.

Wir legen uns folgendes Rechenmuster an:

Stufe				Teilsumme $\Sigma\Delta T'$	Teilsumme $\Sigma\Delta l$ m
1	0—25 25 = V_k 0 ‰	$\Delta V = 25$ $V_m = 12{,}5$ $\Delta s_m = 15{,}75$	$\Delta T = 0{,}794$ $\Delta l = 165$	0,794	165
2	25—35 0 ‰	$\Delta V = 10$ $V_m = 30$ $\Delta s_m = 12{,}9$	$\Delta T = 0{,}388$ $\Delta l = 194$	1,182	359
3	35—45 0 ‰	$\Delta V = 10$ $V_m = 40$ $\Delta s_m = 9{,}6$	$\Delta T = 0{,}520$ $\Delta l = 348$	1,702	707
4	45—55 0 ‰	$\Delta V = 10$ $V_m = 50$ $\Delta s_m = 7{,}1$	$\Delta T = 0{,}705$ $\Delta l = 590$	2,407	1297
5	55—65 0 ‰	$\Delta V = 10$ $V_m = 60$ $\Delta s_m = 5{,}1$	$\Delta T = 0{,}980$ $\Delta l = 980$	3,387	2277
6	*) 65—68,6 0 ‰	$\Delta V = 3{,}6$ $V_m = 66{,}8$ $\Delta s_m = 3{,}98$	$\Delta T = 0{,}453$ $\Delta l = 504$	3,840	2800

*) Man rechnet: Stufe 65—70 . . . . $\Delta V = 5$, $V_m = 67{,}5$, $\Delta s_m = 3{,}8$, $\Delta l = 740$; daher $\Sigma\Delta l = 3017$, also um 217 m größer als 2800 m. Die Endgeschwindigkeit V_x ist um $x^{km/h}$ kleiner als 70 km/h; rechnet man vorläufig mit unverändertem Δs_m, was eine wegen der Kleinheit von x zulässige Annäherung darstellt, so ist $x : (70-65) = 217 : (2800-2277)$ . . . . $x = -2{,}07 \simeq -2{,}0$.

Wiederholen wir nun die Rechnung für die neue Stufe von 65 bis 68, so ist $\Delta V = 3$, $V_m = 66{,}5$, $\Delta s_m = 4$, $\Delta l = 415$, $\Sigma\Delta l = 2277 + 415 = 2692$, demnach um $2800 - 2692 = 108$ m zu kurz. Die neue Verbesserung $x_2 : 3 = 108 : 523$ liefert $x_2 = \sim + 0{,}62$ und $V_x = 68{,}6$.

Nun ist $\Delta V = 3{,}6$, $V_m = 66{,}8$, $\Delta s_m = 3{,}98$, $\Delta l = 504$ d. h. um 19 zu klein, womit die Annäherung abgebrochen werden kann.

Der weitere Verlauf ergibt:

Stufe				Teilsumme $\Sigma\Delta t$	Teilsumme $\Sigma\Delta l$
7	68,6—60 + 8 ‰	$\Delta V = 8{,}6$ $V_m = 64{,}30$ $\Delta s_m = 4{,}4 - 8 = -3{,}55$	$\Delta t = 1{,}20$ $\Delta l = 1300$	5,040	4100
8	60—51,4 + 8 ‰	$\Delta V = 8{,}6$ $V_m = 55{,}7$ $\Delta s_m = 5{,}9 - 8 = -2{,}1$	$\Delta t = 2{,}05$ $\Delta l = 1900$	7,090	6000

Die weiteren Ergebnisse sind im Fahrbild (Abb. 3) verzeichnet; Dampfabsperrung, Auslauf unter Einwirkung des

*) Zum Bremswege ist hierbei noch der in 10″ durchlaufene Weg bei der Anfangsgeschwindigkeit hinzuzurechnen.

Fahrwiderstandes ω (siehe s/V-Diagramm) und Bremsung sind dem Beispiele entnommen. Es zeigt sich ein gewisser

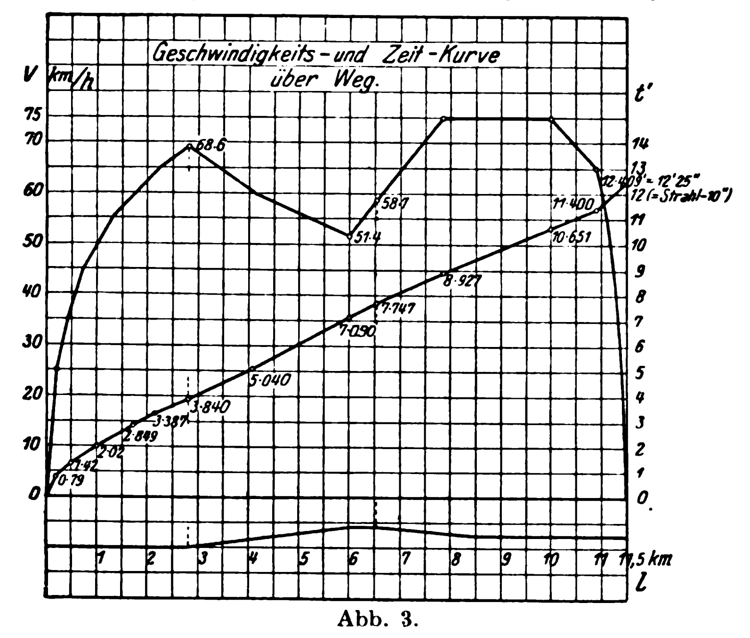


Abb. 3.

Unterschied im Verlaufe der Kurve V = f (l) und eine um 10 Sek. kleinere kürzeste Fahrzeit gegenüber der Strahlschen zeichnerischen Ermittlung. Bei Berücksichtigung der selbstverständlichen Unsicherheit der Grundlagen, des s/V-Diagramms, der unberechenbaren Einflüsse auf die Fahrt, wie: Zustand der Lokomotive, Wetter, Vereinfachung des Streckenprofils, ist es unnötig, so genau zu rechnen. Bei Wahl größerer Zwischenstufen, nur ganzer Zahlen für die Geschwindigkeit und Vernachlässigung geringer Längenunterschiede — welche ja durch die nicht berücksichtigte Länge des Zuges ohnedies verwischt werden — zeigt sich, daß die Berechnung mittels Rechenschieber genügend genaue und brauchbare Ergebnisse liefert. Wie bereits gesagt, ist ja auch die Aufzeichnung des Fahrschaubildes entbehrlich. Es entfällt die Zeichnung der gebrochenen Linienzüge, die Benützung verschiedener Schablonen, es ist nur die Anfertigung eines sehr einfachen besonderen Rechenschiebers erforderlich. Dieser ist aus Karten mit richtig aufgeklebten Teilungen aus dem käuflichen, einfach-logarithmischen Papier von Schleicher & Schüll, Nr. 367 $^1/_2$, Maßstab 250 mm, leicht herzustellen*).

*) Um bei gelegentlich vorkommenden extremen Werten eine zweimalige Einstellung der Schieberzunge zu vermeiden, ist es zweckmäßig den Schieber als Rechenscheibe herzustellen; durch die endlose Skala ist für alle vorkommenden Fälle einmalige Einstellung gewährleistet. Allerdings ist die Selbstanfertigung einer solchen logarithmischen Rechenscheibe schwieriger, als die des geraden Schiebers; übrigens ist bei einem 50 cm langen Schieber mit zwei anschließenden Teilungen dasselbe Ziel erreichbar, nur wird der Schieber weniger handlich.

Internationaler Eisenbahnverband.

Tagung der Ausschüsse in Brüssel April/Mai 1928.

Die Ausschüsse des IEV hielten ihre vorjährige ordentliche Sitzung in der Zeit vom 23. April bis 5. Mai in Brüssel ab. Es tagten der Ausschuß für Personenverkehr, für Güterverkehr, für Austausch des Rollmaterials, für **Technische Fragen** und ein Sonderausschuß für die selbsttätige Kupplung.

Die Beschlüsse der beiden letzten Ausschüsse seien hier im nachstehenden kurz angegeben:

Der **Ausschuß für technische Fragen** tagte unter dem Vorsitz des Herrn Duchatel, Chefingenieur der Fahrbetriebsabteilung der französischen Ostbahngesellschaft.

1. Es wurde festgestellt, daß gegen den bindenden Charakter der vom Geschäftsführenden Komitee in seiner Sitzung im November 1927 aufgestellten Schlußfolgerung zur Frage der Verbleiung der von den Bremshäusern aus bedienten Bremshähne, keine Einwendungen erhoben werden.

Es handelt sich um folgende Vorschrift: „Der Handgriff der Notbremsvorrichtung, die nach Art. 22 der von einer durchgehenden Güterzugbremse zu erfüllenden Bedingungen an den mit Handbremse ausgerüsteten Güterwagen anzubringen ist, soll verbleit werden können. Jedoch verbleibt diese Verbleiung freigestellt.“

2. Es wurde beschlossen, die Drolshammerbremse als durchgehende Güterzugbremse im internationalen Verkehr zuzulassen, da sie ebenso wie die Westinghouse- und Kunze-Knorr-Bremse die s. Z. aufgestellten 33 Bedingungen erfüllt.

3. Zur Vereinheitlichung der Kennzeichen der Bremskraft der Güterwagen wurde beschlossen, die Bremsfähigkeit der Güterwagen durch eine Anschrift des „Bremsgewichtes“ an den Wagen auszudrücken. Hierfür wurden genaue Bedingungen festgelegt, welche die Wagen dahin unterscheiden, daß sie nur eine Abbremsstellung haben (Eigengewichtsabbremsung) oder zwei Abbremsstellungen (Eigengewichtsabbremsung und Lastabbremsung) oder daß die Bremskraft je nach dem Gewicht sich selbsttätig regelt.

4. Als Maßnahme, ohne weiteres zu erkennen, ob der Notbremshahn und die im Bremshaus zu seiner Betätigung angebrachte Vorrichtung geöffnet oder geschlossen ist, wurde empfohlen, den Nothahn unmittelbar an die Hauptleitung anzuschließen und den Griff des Hahnes mit einer Verlängerung zu versehen, die sich bei geschlossener Hahnstellung in senkrechter Lage befindet, so daß die Öffnung des Hahnes durch Ziehen vom Bremshaus erfolgen muß.

5. Die im Jahre 1927 in Stockholm gemachten Vorschläge zur Einführung zweiteiliger Bremsklötze mit feststehendem Halter und einer auswechselbaren Sohle waren infolge Einspruchs einiger Verwaltungen an den Ausschuß zurückgewiesen worden. Man beschloß, die bindenden Vorschriften von Stockholm in dieser Frage unverändert beizubehalten, sie jedoch für Dänemark, Finnland, Norwegen und Schweden nur empfehlend zu machen.

6. Hinsichtlich der Verstärkung der Kupplungen an den für den internationalen Verkehr bestimmten Wagen wurde festgestellt, daß einige Verwaltungen hierin rasch fortschreiten (Deutschland, Frankreich, Italien).

Um jeden Irrtum bezüglich der Auslegung zu vermeiden, wurde bestimmt, daß die jährliche Untersuchung sich nur auf solche Fahrzeuge erstrecken soll, die dem Betriebsdienst für Transporte nach dem Auslande zur Verfügung stehen. Es werden in Zukunft für diese jährliche Untersuchung drei Tabellen aufgestellt werden: eine für die Fahrzeuge der Vollspurbahnen, eine zweite für solche der spanischen Breitspur und eine dritte für solche der Breitspur der U. d. S. S. R.; jede dieser Tafeln wird nach Personen- und Gepäckwagen der Personenzüge einesteils und nach Güter- und Gepäckwagen der Güterzüge andernteils getrennte Aufschlüsse enthalten.

7. Der bindende Charakter der vom geschäftsführenden Komitee in seiner Sitzung im November 1927 aufgestellten Schlußfolgerungen zur Frage der allgemeinen Begrenzungslinie der Wagen wurde beibehalten, d. h. vom 1. Januar 1931 ab wird die allgemeine Begrenzungslinie nach Beilage B der Anlage X zum Protokoll des Ausschusses für technische Fragen in Stockholm angenommen.

8. Zur internationalen Vereinheitlichung der bei unüberwachten Planübergängen in angemessenem Abstande vom Übergang auf den Straßen anzubringenden Warnungssignale wurden folgende Bestimmungen aufgestellt:

A. Bindende Vorschriften.

1. Wird ein Planübergang nicht mehr bewacht, so soll er den die Straße benutzenden Personen durch ein in seiner



unmittelbaren Nähe aufgestelltes Hauptsignal, genannt „Warnungssignal" angekündigt werden.

2. Dieses Warnungssignal besteht aus einem geschobenen Kreuz (Andreaskreuz), dessen Arme gleichmäßig gegen die Wagerechte geneigt sind. Dieses Kreuz soll genügend groß sein und in entsprechender Höhe aufgestellt werden, damit es aus möglichst großer Entfernung wahrgenommen werden kann.

3. Ein beiden Richtungen des Straßenverkehrs gemeinsames Warnungssignal kann dann aufgestellt werden, wenn die örtlichen Verhältnisse seine deutliche Wahrnehmung von beiden Richtungen aus ermöglicht. Ist dies nicht der Fall, so muß auf beiden Seiten des Planübergangs ein Warnungssignal dort aufgestellt werden, wo gewöhnlich die Straßenfahrzeuge und die Viehherden halten.

4. Die Arme der Warnungssignale sind in jedem Lande in den gleichen Farben zu streichen. Diese Farben sind dieselben, wie diejenigen, die für den Anstrich der Schranken angenommen sind*).

5. Wird dem in Form eines Kreuzes aufgestellten Warnungssignal ein dauernd wirkendes Warnungs-Lichtsignal (ruhiges oder blinkendes Licht) von unveränderlicher Farbe hinzugefügt, so soll dieses Licht orangefarben sein.

6. Werden Warnungssignale an früher nicht bewachten oder nur vorübergehend bewachten Planübergängen aufgestellt, die mit solchen Signalen früher nicht ausgerüstet waren, so finden obige Vorschriften auf sie Anwendung.

7. Bringt man in unmittelbarer Nähe der bewachten, mit Schranken ausgerüsteten Planübergängen Vorrichtungen an, durch welche erstere den die Straße benutzenden Personen angezeigt werden sollen, so dürfen diese Vorrichtungen keinesfalls aus einem vollständigen geschobenen Andreaskreuz bestehen.

B. Empfehlungen.

8. Handelt es sich um einen mehrgleisigen Planübergang, so wird empfohlen, die unteren Arme des geschobenen Andreaskreuzes zu verdoppeln.

9. Werden den Warnungssignalen in Kreuzform andere Signale beigefügt, die abwechselnd den Begriff: „Vorsicht" (falls der Übergang frei ist) oder „Gefahr" (wenn der Zug sich nähert) anzeigen, so wird empfohlen, diese Signale so einzurichten, daß sie bei Störungen weder bei Tag noch bei Nacht zu Verwechslungen Anlaß geben können.

10. Was die z. Z. nicht oder nur vorübergehend bewachten Planübergänge anbetrifft, die mit Warnungssignalen ausgerüstet sind, die den obigen in § 2 bis 5 aufgeführten Bauarten nicht entsprechen, so wird empfohlen, dieselben durch solche letzterer Bauarten zu ersetzen.

C. Wünsche.

11. Wird ein Vorsignal durch eine Dienststelle für den Straßenverkehr in einem Abstand von ungefähr 250 m vor einem bewachten oder nicht bewachten Planübergang aufgestellt, so ist es wünschenswert, daß dieses Signal — welches notwendigerweise aus der Dreieckstafel des Internationalen Übereinkommens über den Kraftwagenverkehr besteht — in der gleichen Farbe gestrichen wird, wie die Schranken und das Kreuz der Warnungssignale.

12. Die UIC. drückt den Wunsch aus, die Regierungen mögen die Verwaltungen der Nebenbahnen, die nicht Mitglieder der UIC. sind, ersuchen, die obigen Bestimmungen über die Signale an den Planübergängen zu beachten.

9. Hinsichtlich der Heizung der Züge auf den elektrisch betriebenen Strecken wurde beschlossen:

Alle Einrichtungen, die vor Eingriffen unberufener Personen geschützt werden müssen, sind mittels des Vierkant-Hohlschlüssels nach Anlage B der Technischen Einheit zu verriegeln oder abzuschließen.

10. Dem geschäftsführenden Komitee soll vorgeschlagen werden, den Vierkant-Hohlschlüssel nach Anlage B der Technischen Einheit für die Bedienung der Schalter der elektrischen Beleuchtung auch weiterhin zu verwenden.

*) Diese letztere Vorschrift ist nicht bindend für Belgien, Spanien, Schweden und die U. d. S. S. R. Die übrigen Länder werden sie bei Gelegenheit des nächsten Neuanstrichs der Warnungssignale zu beachten haben.

11. Für die Notbeleuchtung sollen Anordnungen getroffen werden, die Gewähr geben, daß zwischen dem oberen Befestigungsknopf und irgend welchem brennbaren Teil stets ein senkrechter Abstand von mindestens 400 mm besteht. Falls dieser Zwischenraum nicht eingehalten werden kann, sind die brennbaren Teile durch einen Schutzschirm oder andere Vorkehrungen gegen Entzündung zu schützen.

12. Auf dem Gebiete der elektrischen Zugförderung wurde beschlossen, dem geschäftsführenden Komitee vorzuschlagen, es möge die im Jahre 1927 genehmigten bindenden Vorschriften über die Sondersignale für den elektrischen Fahrbetrieb nur für solche Stationen und Streckenabschnitte anwendbar erklären, auf denen Lokomotiven der verschiedenen Bahnen verkehren können.

13. Bezüglich der Wahl von Vorsignalen, die auf den elektrisch betriebenen Strecken zu verwenden sind, wurden alle Vorschläge des Unterausschusses vom Ausschusse genehmigt; die angenommenen Signale sollen grundsätzlich auf allen elektrisch betriebenen Strecken bindend sein. Dem geschäftsführenden Komitee wird vorgeschlagen werden, den in Stockholm festgelegten Vorschriften folgende Form zu geben:

„Die allgemeinen Vorschriften (§ 1) sollen nur noch einen Punkt mit folgendem Titel enthalten: Erdung von Metallgegenständen, die auf den Dächern von internationalen Personen-, Gepäck- und Postwagen angebracht sind, falls letztere auf den durch elektrische Fahrleitungen betriebenen Strecken verkehren sollen.

Die nur auf Gemeinschaftsbahnhöfe und -strecken anwendbaren Vorschriften, auf denen die Lokomotiven von verschiedenen Verwaltungen verkehren können, werden aus fünf Punkten bestehen, wobei aus den Punkten 1, 2, 3 und 4 von Stockholm die Punkte 2, 3, 4 und 5 werden und Punkt 1 folgende Fassung erhalten wird:

Sondersignale für elektrischen Zugbetrieb.

Bindende Vorschrift. — Fahrleitungsschutzstrecken, gestörte Abschnitte von Fahrleitungen und in Bedarfsfällen das Ende von Fahrleitungen sind durch Signale zu kennzeichnen.

Es sind folgende Signalzeichen zu verwenden:

a) Warnungssignale für die Stromunterbrechung:
(ein zerlegtes U) am Anfang der Schutzstrecke (Abb. 1),
(ein geschlossenes U) am Ende der Schutzstrecke (Abb. 2).

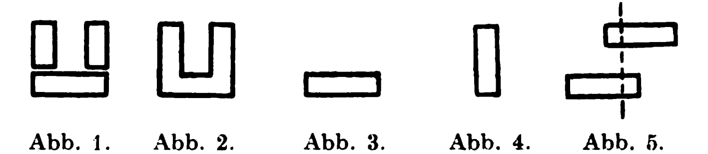


Abb. 1. Abb. 2. Abb. 3. Abb. 4. Abb. 5.

Diese Signale sind in unmittelbarer Nähe der Enden dieser Strecke aufzustellen.

b) Warnungssignale für die Ingangsetzung von Stromabnehmern:
(ein wagrechter Streifen) (Abb. 3) am Anfang einer Strecke, die mit gesenktem Stromabnehmer befahren werden soll und im Bedarfsfalle am Ende der Fahrleitung, wenn sie nicht mit dem Ende des Gleises zusammenfällt.
(ein senkrechter Streifen) (Abb. 4) am Ende einer Strecke, die mit gesenktem Stromabnehmer befahren werden soll.

Diese Signale sind in unmittelbarer Nähe der Enden der Strecke aufzustellen.

Wenn die Aufstellung eines Vorsignals nötig ist, muß es folgendes Bild zeigen:
zwei wagrechte Balken, von denen der obere nach rechts, der untere nach links gegen die senkrechte Mittelachse des Signals verschoben ist (Abb. 5). Der Standort dieses Signals ist nach der größten Geschwindigkeit der Züge, der Senkgeschwindigkeit der Stromabnehmer und den örtlichen Bedingungen zu bestimmen.

Farben, Abmessungen und äußere Form der Signale können die einzelnen Verwaltungen für ihren Bereich festsetzen.

Auf Gemeinschaftsbahnhöfen und -strecken, wo Lokomotiven verschiedener Verwaltungen verkehren können, gelten die Signale derjenigen Verwaltung, bei welcher die Signale auf diesen Strecken bereits eingerichtet sind, sofern in einzelnen Fällen nichts anderes vereinbart ist.



14. Bei Untersuchung der Fragen von allgemeinem Interesse für die elektrische Beleuchtung der Personenwagen wurde beschlossen, die Frist für das Anbringen der Schaltpläne der elektrischen Ausrüstung in den Personenwagen vom 1. Januar 1929 auf den 1. Januar 1930 zu verlegen. Außerdem soll die Verwendung des Vierkant-Hohlschlüssels der Anlage B der Technischen Einheit bei den Estnischen Eisenbahnen zur Bedienung der elektrischen Beleuchtungseinrichtungen der Züge nicht bindend sein und den orientalischen Bahnen soll es erlaubt sein, einzelne Bestimmungen, die auch für das vorhandene Material vorgesehen sind, nur für das neu zu bauende Material anzuwenden.

15. Von den Fragen, welche das Internationale beratende Komitee für Fernsprüche auf große Entfernungen (C. C. I.) betreffen, wurde nur die Untersuchung des Gutachtens des IEV. über den neuen Richtlinienentwurf des C. C. I. für den Schutz der Fernsprechleitungen gegen die Störungseinwirkungen der Starkstrom- oder Hochspannungsleitungen behandelt. Die Bemerkungen zu dem Entwurf des C. C. I. wurden diesem Verbande unmittelbar übermittelt.

16. Bei Untersuchung der Fragen von allgemeinem Interesse über elektrisch betriebene Strecken, bei welchen die Stromleiter aus einer dritten Schiene bestehen, wurden folgende Bestimmungen angenommen:

„Punkt 1. Schutzmaßnahmen für die Stromschiene. Bindende Vorschrift.

a) Betriebe, deren Nennspannung niedriger als 750 V oder höchstens so hoch ist.

Die Stromschiene soll überall da, wo es erforderlich ist, derart geschützt sein, daß das Personal oder das Publikum sie ohne Gefahr überschreiten kann.

b) Betriebe, deren Nennspannung höher als 750 V ist.

Die Stromschiene soll an den Stellen mit einer Schutzverkleidung auf ihrer ganzen Länge ausgerüstet sein, an denen das Personal oder das Publikum beim gewöhnlichen Verkehr mit ihr in Berührung kommen kann.

Punkt 2. Warnungsmittel, um das Personal auf die durch die Stromschiene hervorgerufene Gefahr aufmerksam zu machen. Bindende Vorschrift. Auf Gemeinschaftsbahnhöfen und -strecken, auf denen Personal von verschiedenen Verwaltungen beschäftigt ist, sollen sich die üblichen Warnungszeichen jeder beteiligten Verwaltung befinden (z. B.: Totenkopf und Blitzpfeil, Totenkopf und „Lebensgefahr"). Diese Warnungszeichen sollen überall dort angebracht sein, wo die Vorschriften jeder der beteiligten Verwaltungen es verlangen, im besonderen an allen Überwegen, an denen die Stromschiene unterbrochen ist, selbst an denen, die nur für das Personal bestimmt sind.

Punkt 3. Vorschriften für die Ausschaltung des Stromes. Bindende Vorschrift. Die für die Speisung der Stromschienenanlage des Übergangsbahnhofs in Betracht kommende Schaltstelle soll, falls sie nicht in kürzester Zeit vom Bahnhof aus erreichbar ist, mit dem Bahnhof durch eine unmittelbare Fernsprechleitung verbunden sein.

Punkt 4. Zulässige Spannungsschwankungen. Bindende Vorschrift. Die Spannung in der Stromschiene darf schwanken zwischen 500 und 1000 V bei einer Nennspannung von 750 V und zwischen 1000 und 1800 V bei einer Nennspannung von 1500 V.

Punkt 5. Gegenseitiger Schutz von Stromzuführungen verschiedener Netze. Bindende Vorschrift. Die beteiligten Verwaltungen sollen sich in jedem einzelnen Fall über die Maßnahmen verständigen, die verhindern sollen, daß eine elektrische Verbindung zwischen den Stromzuführungseinrichtungen der beiden beteiligten Verwaltungen stattfinden kann, wenn daraus Unzuträglichkeiten entstehen können.

Punkt 6. Schutz von Weichen- und Signalantrieben. Empfehlung. Es ist möglichst zu vermeiden, Einrichtungen maschineller Weichen- und Signalantriebe unter der Stromschiene anzuordnen.

Der Unterausschuß wurde beauftragt, das Studium folgender zwei Punkte fortzuführen:

1. Kennzeichnung des Lichtraumes für die Stromschiene.
2. Benutzung isolierter Schienenstöße an den Enden der Stromschiene.

17. Die Fragen über elektrische Bahnmotoren sind noch in Bearbeitung eines Unterausschusses.

Der Sonderausschuß für selbsttätige Kupplung tagte unter dem Vorsitz des Herrn Direktor Wiedemann (Deutsche Reichsbahn). Er behandelte zunächst einige Unterfragen. Beschlüsse von allgemeiner Bedeutung sind noch nicht gefaßt worden.

Carus.

Berichte.

Allgemeines.

Die erste Transpyrenäen-Bahn.

Die am 18. Juli dem Verkehr übergebene erste Bahn über die Pyrenäen verwirklicht eine wichtige und längst zum dringenden Bedürfnis gewordene Ergänzung der beiden Küstenbahnverbindungen zwischen Frankreich und Spanien. Welche Bedeutung ihr zukommt, geht schon daraus hervor, daß sie die Entfernung zwischen Pau und Zaragoza von 481 auf 302 km, jene von Toulouse nach Zaragoza von 680 auf 502 km verringert. — Die von Bedous (406,50 m ü. M.) nach Jaca führende, einspurige Bahnlinie unterfährt die Wasserscheide zwischen Forges d'Abel (1067,52 m ü. M.) und Canfranc (1195,50 m ü. M.) mittels des 7822 m langen Somport-Tunnels (Scheitelhöhe 1211,54 m ü. M.), von dem 3100 m auf französischem und 4722 m auf spanischem Boden liegen. Unterhalb des Scheiteltunnels war auf der französischen Seite die Anlage eines Kehrtunnels von 1775 m Länge zwischen den Koten 869,84 und 931,21 erforderlich. Die maximale Steigung der Linie auf französischer Seite beträgt auf längeren Strecken 43‰, was nur in Hinblick auf die Verwendung der elektrischen Zugförderung möglich war. Diese erfolgt mit Gleichstrom von 1500 Volt, wobei zur Förderung von Schnellzügen von 300 t und von Güterzügen von 360 t mit max. 60 km/h zwei Lokomotiven von je 1000 PS Dauer- und 1400 PS Einstundenleistung erforderlich sind. Bezüglich weiterer Einzelheiten über den Bau der Linie und deren elektrischer Ausrüstung sei auf „Génie Civil" vom 21. Juli 1928 verwiesen.

Die Geschichte der Transpyrenäenbahnen geht auf über ein halbes Jahrhundert zurück, wobei im Laufe der Jahre nicht weniger als elf verschiedene Linienführungen in Vorschlag gekommen sind. Schon im Jahre 1885 erfolgte eine Einigung auf die nun eröffnete Linie sowie auf eine zweite weiter östlich, von St. Girons über den Col de Salau nach Sort, doch unterblieb die Ratifikation durch die Regierungen. Erst durch das internationale Abkommen vom August 1904 wurde die Angelegenheit bereinigt, wobei eine dritte Verbindung, noch weiter östlich, von Ax-les-Thermes über den Col de Puymorens, Puigcerda und den Col de Tosas nach Ripoll festgelegt wurde. Die Fertigstellung der westlichen und der östlichen Linie waren für das Jahr 1917, die der mittleren Linie zehn Jahre nach Inbetriebnahme der Strecke Lerida—Sort in Aussicht genommen. Der Somporttunnel war denn auch schon im Herbst 1915 vollendet, doch verzögerte der Krieg die Weiterführung der übrigen Arbeiten. Auf der östlichen Linie sind die Arbeiten soweit vorgeschritten, daß mit der Inbetriebnahme im Laufe des nächsten Sommers gerechnet wird. Wie weit die Arbeiten auf der mittleren, französischerseits bis Oust betriebenen Linie gediehen sind, entzieht sich näherer Kenntnis.

Mit der Schaffung der Transpyrenäenbahnen wird zwischen Frankreich und Spanien allerdings noch kein durchgehender Verkehr geschaffen, da die spanischen Bahnen eine Spurweite von 1,672 m aufweisen. Es wird daher die Einführung von Güterwagen mit auswechselbaren Achsen vorgesehen, wie sie bereits an anderen Grenzübertritten mit Spurwechsel in Verwendung stehen.

(Schweiz. Bauz., Sept. 1928.)

Zuggeschwindigkeiten in Amerika.

Eine Zusammenstellung der heute bei den wichtigsten amerikanischen Eisenbahngesellschaften üblichen Geschwindigkeiten zeigt, daß zwischen den einzelnen Linien beträchtliche



Unterschiede bestehen. Diese Unterschiede sind begründet durch die Streckenverhältnisse, die Länge der Stationsabstände, die aufenthaltslos durchfahren werden können und die Verkehrsdichte auf den Strecken, insbesondere hinsichtlich der Güterzüge. Sehr günstige Verhältnisse besitzt z. B. die Pennsylvania-Eisenbahn, die auf ihrer Strecke Camden — Atlantic City eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 92 km/Std. erzielt. Die Durchschnittsgeschwindigkeiten schwanken bei den verschiedenen Eisenbahngesellschaften von 49 km/Std. bis 92 km/Std. Die auf einzelnen Streckenabschnitten erzielten Höchstgeschwindigkeiten schwanken von 50 km/Std. bis 110 km/Std. Die Mehrzahl der Gesellschaften betreiben ihre Strecken mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von rund 60 km/Std. Die Länge aufenthaltloser Zugläufe ist ebenfalls sehr verschieden. Sie hängt in der Hauptsache von den Strecken- und Verkehrsverhältnissen ab. Der größte aufenthaltlose Zuglauf findet mit etwa 75 km/Std. Durchschnittsgeschwindigkeit zwischen Buffalo und Cleveland statt, die etwa 280 km voneinander entfernt sind. Bei den anderen Gesellschaften schwankt die größte Länge der aufenthaltlosen Zugläufe von 73 km bis 275 km. Eb.

(Railw. Age, Juli 1928.)

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Der neue Ravennatalübergang der Höllentalbahn.

Entsprechend der damals zu erwartenden Verkehrsentwicklung wurde die Bahnlinie Freiburg i. B.-Neustadt-Donaueschingen (Höllentalbahn) als Nebenbahn erbaut, wobei auch eine Zahnradstrecke eingeschaltet wurde. Ihre Verkehrsbedeutung hat sich aber im Laufe der Jahrzehnte vollkommen geändert. Die Teilstrecke Freiburg — Neustadt mußte zur N-Strecke erklärt werden; infolgedessen müssen die meisten Brücken, die fast durchweg der Klasse K angehörten, sowie der Oberbau verstärkt werden. Unter diesen Brücken ist das bedeutendste Bauwerk der Talübergang über das Ravennatal, auf dessen Neubau nach einem Aufsatz des ROR. Gasteiger in der „Bautechnik" im folgenden näher eingegangen wird.

Der alte Talübergang bestand aus vier Parallelfachwerken mit obenliegender Fahrbahn, die auf gemauerten Pfeilern ruhten. Für seine Verstärkung war eine Anzahl Entwürfe aufgestellt worden, deren Ausführung aber auf zu große Schwierigkeiten gestoßen wäre. Diese Schwierigkeiten bestanden großenteils darin, daß die Bahn eingleisig ist und der Betrieb nicht unterbrochen werden sollte. Zudem wies die alte Linie an dieser Stelle fünf entgegengesetzte Bogen von je 240 m Halbmesser auf, die mit ganz kurzen Zwischengeraden aneinandergereiht waren, so daß die normale Geschwindigkeit von 35 km/Std. an dieser Stelle auf 15 km/Std. herabgemindert werden mußte. Man entschloß sich deshalb von der alten Linie, die glücklicherweise an dieser Stelle eine ermäßigte Steigung hatte, abzugehen und den Bogen zum Teil abzuschneiden. Dabei mußte allerdings ein Tunnel auf eine Strecke von rund 40 m in einen Einschnitt verwandelt werden. Es gelang aber dadurch eine Linienführung zu finden, die außer einem für den Betrieb belanglosen Bogen von 1000 m Halbmesser nur noch zwei Bogen von gleicher Richtung und einen entgegengesetzten Bogen von je 240 m Halbmesser enthält.

Der neue Kunstbau ist insgesamt etwa 225 m lang und weist neun mit symmetrischen Korbbogen überwölbte Öffnungen von 19,52 m Stützweite bei 24,5 m Pfeilabstand auf und liegt in der Neigung 1:19. Das Pfeilerverhältnis der Gewölbe ist 1:3,26; die Pfeiler sind von Fundamentsohle bis zur Planie etwa 45 m hoch und haben bis zum Ansatz des Gewölbes einen Anlauf von 1:20. Die Gewölbeachse entspricht der Stützlinie für Eigengewicht (ohne die Übermauerung) und wurde mittels des Stützlinienverfahrens ermittelt. Die Berechnung nach der Elastizitätstheorie ergibt für ungünstigste Belastung und 10° C Temperaturdifferenz Höchstspannungen von 18,7 kg/cm² Druck und 3 kg/cm² Zug. Unter der Annahme, daß die Betonankerklötze an den Enden der Brücke den ganzen Schub von Gleis und Zahnstange auf den Baugrund übertragen, errechnet sich die Fundamentpressung zu 11,9 kg/cm².

Die Ausführung der Pfeiler erfolgte in Schotterbeton mit Granitverkleidung, die des Gewölbes aus Quadermauerwerk und unter besonderen Maßnahmen zur Verringerung der Schwindspannungen. Die Pfeilerfundamente wurden wegen der im Wasser des Ravennabaches enthaltenen Kohlensäure mit Klinkern ummantelt. Tragfähiger Fels stand am westlichen Hang und in der Talsohle in 6—8 m Tiefe an. Am östlichen Hang war er stellenweise bis zu 29 m Tiefe mit Geröll und Feinsand überlagert.

Entsprechend der Größe des Bauwerkes war auch die Baustelleneinrichtung sehr umfangreich. Im Bahnhof Titisee wurde ein 2500 m² großer Lagerplatz angelegt, da sich in geringerer Entfernung keine Gelegenheit bot, an der Baustelle selbst wurden eigene Sand-, Splitt- und Schottersilos errichtet. Die Rüstungen bestanden aus 2 rund 23 m über der Talsohle liegenden 2,5 m breiten Arbeitsbrücken beiderseits des Bauwerkes sowie den als 3-Gelenkbogen ausgeführten Lehrgerüsten, die auf Breitflanschträger, die aus den Pfeilern vorkragten, abgestützt waren. Sowohl auf der Talsohle wie auf den Arbeitsbrücken liefen Turmkrane von bis zu 42 m Höhe, die sowohl die Steine wie die Klappmulden mit Mörtel an Ort und Stelle brachten. Die Kraftversorgung erfolgte mittels einer $3^1/_2$ km langen 15 KV-Drehstromleitung von Hinterzarten aus; 250 m von der Baustelle wurde der Strom auf 220/380 V umgeformt. Bis zur Fertigstellung dieser Anlage wurde mit Behelfsmitteln gearbeitet. Ein Auslegerkran besorgte das Entladen der Materialzüge, die in der nächtlichen Betriebspause auf dem Betriebsgleis standen. Ausleger und Stromzuführung waren im Ruhezustand mittels Einheitsschloß verschlossen, dessen Schlüssel beim Fahrdienstleiter in Höllsteig aufbewahrt war. An der Baustelle war eine eigene Betriebsstelle „Ravennabrücke" errichtet. Die Bauausführung selbst bereitete keine besonderen Schwierigkeiten, mit Ausnahme der Gründung der Pfeiler in dem druckhaften östlichen Geröllhang. Hier wagte man es nicht die drei Schächte von 10×10 m für die Pfeiler gleichzeitig niederzubringen. Auch sah man sich zu starken Auszimmerungen genötigt. Als weitere Erschwerung trat hinzu, daß der Pfeiler 9 auf eine 70 cm breite Verwerfungsspalte zu stehen kam. Es wurde unter Änderung des Entwurfs eine starke Bewehrung im Pfeiler ausgeführt und derselbe satt an die Baugrube anbetoniert. Der Abbruch des Tunnels erfolgte nach vorangegangener Aussteifung in der Weise, daß man zunächst die Überdeckung bis auf 2 m entfernte und dann vom Portal her beiderseits des Tunnels Schlitze vortrieb; dann erst wurde das Mauerwerk niedergelegt. Besondere Sorgfalt mußte dem Umbau der Gleise und der Zahnleiter zugewendet werden. Da die neuen Schienen höher sind als die bisherigen, mußte auch die Zahnstange gehoben werden, was teils durch Aufpressen der eisernen Querschwellen, unter Verwendung der alten Zahnstangen-Stühle, teils mittels neuer höherer Stühle geschah. Es wurde jeweils ein Stück von 45 m in einer zweistündigen Betriebspause umgebaut. Der Zusammenschluß der neuen Linie an die alte wurde wie folgt vorbereitet: Zunächst wurde am unteren Ende ein Gleisstück von drei Stößen seitlich zusammengebaut und sein zukünftiger Endpunkt genau markiert. Dann wurde von diesem Punkte das Gleis aus auf der neuen Brücke mit Ausnahme des oberen Anschlußstoßes verlegt. Die zur gleichmäßigen Fortsetzung der Zahnstangenteilung von 100 mm fehlenden 15 mm konnten aus den Zahnstangenstößen auf der Brücke herausgeholt werden.

Die Betriebsüberleitung erfolgte in einer künstlich geschaffenen Betriebspause von $4^1/_2$ Std., in der auch die Probebelastung stattfand. Als Probelast dienten 2 Lokomotiven der alten badischen Bauart VIb in Gewölbemitte. Dabei schwankte die Durchbiegung der Gewölbescheitel zwischen 0,0—0,24 mm. Die Bauzeit betrug etwa 15 Monate, gewiß eine beachtliche Leistung. Die Baukosten einschließlich Tunnelarbeiten und einer Landstraßenverlegung werden sich auf 1,7 Mill. RM belaufen. Sp.

Lokomotiven und Wagen.

Versuche mit Güterzug-Luftdruckbremsen.

Innerhalb des Internationalen Eisenbahnverbandes ist ein Unterausschuß mit dem Studium der Güterzugbremsfrage betraut. Den Vorsitz in diesem Unterausschuß führt die Schweiz, die bekanntlich bereits vor dem Kriege eingehende Versuche mit Bremssystemen durchgeführt hatte, als deren



Ergebnis das sogenannte Berner Programm aufgestellt worden war. Im Jahre 1926 fand die erste Vorführung von Güterzugbremsen durch diesen Unterausschuß statt. Es wurden sehr eingehende Stand- und Fahrversuche mit zwei Bremszügen vorgenommen, nämlich einem Zug der Deutschen Reichsbahn mit Kunze-Knorr-Güterzugbremse und einem Zuge der französischen Bahnverwaltungen mit Westinghouse-Güterzugbremse. Die Ergebnisse dieser Versuche boten die Unterlagen für die Aufstellung der 33 Bedingungen, denen eine im internationalen Verkehr zuzulassende Güterzugbremse entsprechen soll. Diese neuen Bedingungen sollen diejenigen des alten Berner Programmes ersetzen. Im Schlußbericht ist festgestellt, daß die vorgeführten Bremsen Kunze-Knorr und Westinghouse diese Bedingungen erfüllen und zwar sowohl für sich allein wie auch im gemischten Betriebe.

Die Hauptanforderungen an eine Güterzugbremse, die mit Rücksicht auf die ganz verschiedene Abbremsung der einzelnen Wagen grundsätzlich anders wirken muß als eine Personenzugbremse, sind: möglichst gleichzeitiges, zunächst geringes Einsetzen der Bremswirkung im ganzen Zuge, um Zerrungen und Stöße zu vermeiden, langsame Drucksteigerung im Bremszylinder, um ein allmähliches Strecken oder Auflaufen der einzelnen Wagen oder Wagengruppen zu erreichen, Unerschöpfbarkeit der Bremskraft bei Fahrten auf langen und starken Gefällen.

Demgemäß sind in den 33 Bedingungen unter anderem bestimmte Vorschriften über die Durchschlaggeschwindigkeit, den ersten Druckanstieg im Zylinder (Einschuß) und über Füll- und Lösezeiten der Zylinder enthalten.

Die Kunze-Knorr-Güterzugbremse, eine vereinigte Ein- und Zweikammer-Druckluftbremse, ist bei uns allgemein bekannt und bedarf keiner näheren Erläuterung.

Die Westinghouse-Güterzugbremse ist eine beim Lösen nicht abstufbare Einkammerbremse. Das Schema der Bremse ist in Abb. 1 dargestellt. Beim Füllen der Bremse strömt die Luft von der Hauptleitung E über das Steuerventil G in den Hilfsluftbehälter A. Beim Bremsen durch Verminderung des Leitungsdruckes wird durch das Steuerventil vorerst Leitungsluft in eine Übertragungskammer abgezapft, um ein rasches Ansprechen aller Steuerventile zu erzielen. Die Druckluft gelangt sodann vom Hilfsluftbehälter über ein Mindestdruckventil rasch zum Bremszylinder C_1. Dieses Ventil schließt nach Erreichung eines Zylinderdruckes von etwa 0,7 at, worauf die Luft nur noch durch eine enge Bohrung zuströmt. Die Bremswirkung kann stufenweise verstärkt werden. Die Bremse wird gelöst durch Drucksteigerung in der Hauptleitung. Der Schieber im Steuerventil steuert um in die Lösestellung, sobald der Druck in der Hauptleitung größer ist als im Hilfsluftbehälter. Zylinder und Übertragungskammer werden vollständig entlüftet. Stufenweises Lösen ist nicht möglich. An Wagen größerer Tragfähigkeit (20 t) wird ein zweiter Zylinder C_2 angebracht, der durch eine Umstellvorrichtung ein- oder ausgeschaltet wird. In der Stellung „beladen" speist das Steuerventil beide Zylinder C_1 und C_2. Weil die Bremse beim Lösen nicht abstufbar ist, ist eine besondere von Hand zu bedienende Vorrichtung (S—T) vorgesehen, die in der Stellung „Gefälle" den Luftaustritt aus dem Zylinder stark drosselt. Auf Gefällefahrten muß der Hebel des Führerbremsventils in kurzen Zeitabständen von der Fahrt- oder Füllstellung in die Bremsstellung gebracht werden und umgekehrt. Die Hilfsluftbehälter werden dadurch wieder aufgeladen, ohne daß der Zylinderdruck zu stark sinkt. Versuchsfahrten am Gotthard haben gezeigt, daß lange und starke Gefälle mit ziemlich gleichbleibender Geschwindigkeit befahren werden können ohne Erschöpfung der Bremse. Die Spitze des Zuges wird aber viel stärker abgebremst als der Schluß und der Luftverbrauch ist größer.

Im Jahre 1927 wurde nach längeren Vorversuchen dem Unterausschuß ein Güterzug mit Drolshammer-Güterzugbremse vorgeführt. Diese Bremse, deren Schema Abb. 2 darstellt, ist eine Einkammer-Druckluftbremse, die beim Bremsen und Lösen beliebig abstufbar ist. Der Druck im Zylinder ist unabhängig vom Kolbenhub. Zur Lastabbremsung wird ein zweiter Zylinder C_2 an Wagen größerer Tragfähigkeit angebaut, der durch einen Lastwechsel (W—U) ein- oder ausgeschaltet wird. Das Steuerventil ist in Abb. 3 dargestellt. Es zeigt drei Hauptteile: Das obere Gehäuse D, das untere Gehäuse S (Steuerzylinder) und das Rückschlagventilgehäuse R. Im oberen Gehäuse sind untergebracht das Einlaßschieberventil 5 bis 6, das Auslaßventil 16, der Regulier- und Auslaßkolben 12, der Mindestdruckkolbenschieber 94 mit Kolben 97 und Feder 99, der Umschalthahn 55 zum Bedienen des Lastbremszylindes und zum Regulieren der Füllzeiten der Bremszylinder, der Umschalthahn 62 zum

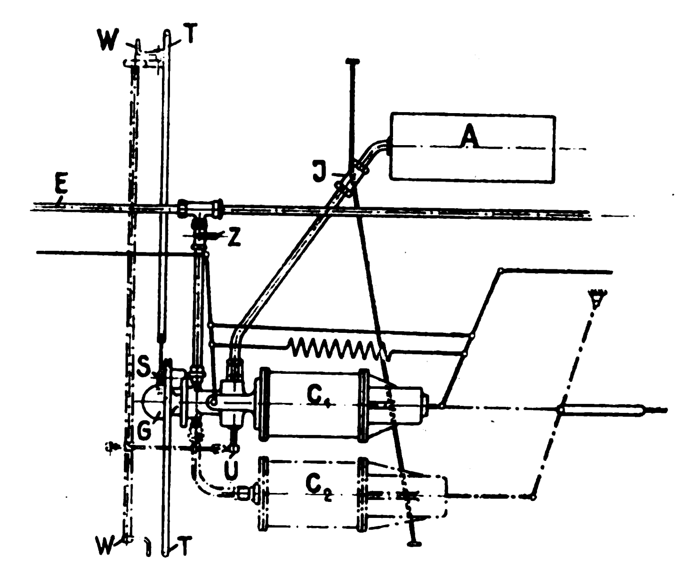


Abb. 1. Schema der Westinghouse-Güterzugbremse. (Französischer Versuchszug 1926.)

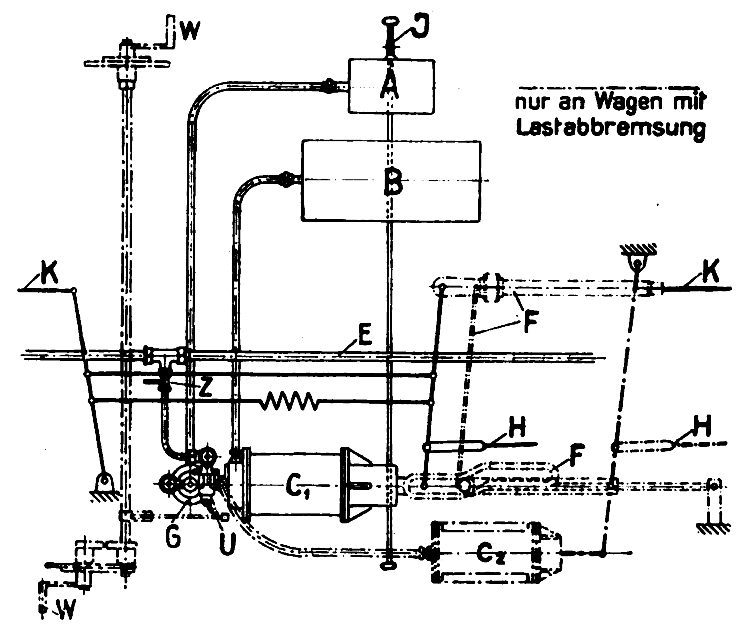


Abb. 2. Schema der Drolshammer-Güterzugbremse. (Schweizerischer Versuchszug 1927.)

Regulieren der Lösezeiten der Bremszylinder, im unteren Gehäuse der Steuerkolben 1 mit Kolbenstange 2, die Übertragungskammern 41 und 42, die Federn 11 und 13, im Rückschlagventilgehäuse die Rückschlagventile 67 und 68. Beim Füllen der Bremse gelangt die Luft aus der Hauptleitung über das Steuerventil auf zwei Wegen zum Steuerbehälter A und Hilfsluftbehälter B. Bei ganz langsamem Zurückgehen des Druckes in der Hauptleitung kann die Luft aus dem Steuerbehälter durch eine Bohrung des Steuerventils in die Leitung zurückströmen, so daß eine Überladung dieses Behälters beseitigt werden kann. Die Bremsung wird eingeleitet durch die Verminderung des Druckes in der Hauptleitung. Die Hilfsbehälterluft strömt über zwei Wege in den Zylinder. Sobald im Zylinder ein Druck von etwa 0,5 at erreicht ist, sperrt ein

Mindestdruckventil den Luftzutritt des einen Weges auf der weiteren Bohrung. Sobald keine Luft mehr aus der Leitung abgelassen wird, tritt ein Gleichgewichtszustand ein, indem der Unterschied der Drücke auf beiden Seiten des Steuerkolbens gleich ist der durch den Bremszylinderdruck hervorgerufenen Spannung einer auf den Steuerkolben wirkenden Feder. Jedem Druck in der Hauptleitung entspricht somit ein bestimmter Druck im Bremszylinder, bis bei etwa 3,6 at Leitungsdruck der

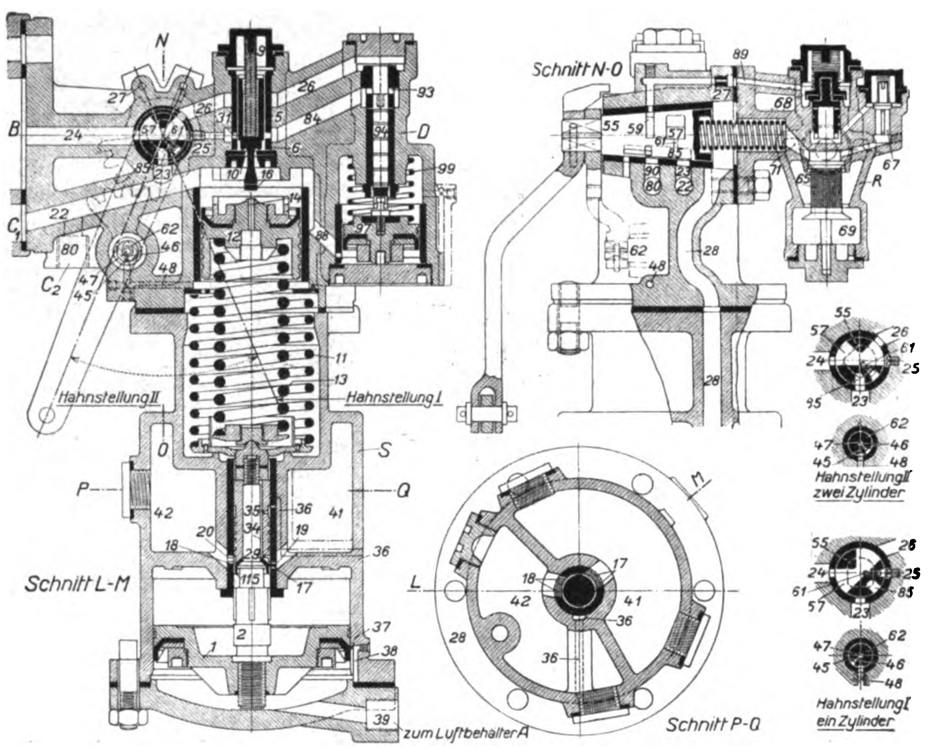


Abb. 3. Steuerventil der Güterzugbremse, Bauart Drolshammer. Schnitt 1:5. Rechts Stellung der Hähne 65 und 62 bei Tara-(Stellung I) und bei Last-Abbremsung (Stellung II).

Höchstdruck im Zylinder erreicht ist. Durch Druckerhöhung in der Hauptleitung wird die Bremse wieder gelöst in der Weise, daß immer so viel Luft aus einer Bohrung ausströmt, bis der Gleichgewichtszustand des Steuerkolbens erreicht ist. Wie beim Bremsen entspricht also auch beim Lösen jedem Druck in der Leitung ein bestimmter Zylinderdruck und zwar unabhängig von der Größe des Kolbenhubes und von geringen Undichtheiten des Bremskolbens, Auslaßkolbens und Einlaßventils. Bei der Lastabbremsung gelangt in der Stellung „beladen" die Luft aus dem Hilfsluftbehälter gleichzeitig zum Zylinder C_1 und Lastbremszylinder C_2. Die Durchgangsquerschnitte sind so bemessen, daß die Füll- und Lösezeiten für „leer" (1 Zylinder) und „beladen" (2 Zylinder) fast gleich sind. Bezüglich eingehenderer Darstellung der Vorgänge im Bremssteuerventil sei auf die Quelle verwiesen.

Für die Durchführung der Versuche mit der Drolshammer-Güterzugbremse wurde ein besonderer Versuchszug mit drei Beobachtungswagen und einem Meßwagen zusammengestellt. Die Versuche wurden in drei Reihen durchgeführt:

Standversuche zur Bestimmung der Durchschlag-schwindigkeit bei verschiedenen Bremsprozenten. Beobachtu. der Bremswirkung bei verschiedenem Leitungsdruck, Untersuchung der Brems- und Lösevorgänge und Messung der Bremsklotzdrücke, Fahrversuche im Gefälle mit verschiedenen Geschwindigkeiten und verschiedenen Halten, Fahrversuche in der Ebene mit Schnell-, Betriebs-, Regulier- und Notbremsungen bei verschiedenen Geschwindigkeiten.

Die Standversuche ergaben günstige Werte für die Durchschlaggeschwindigkeit. Die feine Abstufbarkeit der Bremse beim Bremsen und Lösen bestätigte sich. Die Versuche im Gefälle ergaben gute Regulierbarkeit, gleichmäßige Bremswirkung im ganzen Zug und Unerschöpfbarkeit bei geringem Luftverbrauch. Die Zusammenarbeit mit Kunze-Knorr- und Westinghousebremsen war einwandfrei. Die Versuche in der Ebene zeigten zunächst eine zu große Empfindlichkeit der Steuerventile, die ein Ansprechen der Bremse bei Leitungsverlusten zur Folge haben kann. Es wurde auch festgestellt, daß die Bremse keine Füllstöße verträgt, da leicht Überladungen der Steuerbehälter der ersten Wagen eintreten. Die Steuerventile wurden daraufhin abgeändert und im Frühjahr 1928 Ergänzungsversuche vorgenommen und zwar wiederum als Standversuche, Fahrversuche im Gefälle und in der Ebene. Die Versuche befriedigten. Das Führerbremsventil konnte nach einer vollen Betriebsbremsung mindestens Sekunden lang in der Füllstellung b werden, ohne daß eine Überladung der S kammern vorkam. Die geringere Empfindlichkeit der Steuerventile zeigte sich darin, daß bei völlig dichter Leitung der Druck in der Hauptleitung von 6,2 at auf 5 at innerhalb 7,5 Minuten verringert werden konnte, ohne daß ein Steuerventil ansprach.

Der Bremsunterausschuß kam daher zu der Schlußfolgerung, daß die Drolshammer-Bremse den 33 Bedingungen allein und in Mischung mit Kunze-Knorr- und Westingbremse entspricht. Sie ist daher geeignet, für Güterwagen im internationalen Verkehr zugelassen zu werden.

Der Bremsunterausschuß ist z. Z. damit beschäftigt, ein weiteres System, die Bozic-Bremse der Jugoslavischen Bahnen, zu prüfen. Diese Bremse ist eine beim Bremsen und Lösen abstufbare Einkammer-Druckluftbremse. Das Steuerventil wird, ähnlich wie bei der Drolshammer-Bremse, durch den Druckunterschied zwischen Hauptleitung und Steuerkammer betätigt. Neu ist die automatische Lastabbremsung mittels eines Hebels, dessen eines Ende auf der Achsbüchse aufliegt, während das andere Ende auf das Steuerventil einwirkt.

Inzwischen hat der Verwaltungsrat der Schweizerischen Bundesbahnen den Antrag der Generaldirektion auf Einführung der Drolshammer-Güterzugbremse einstimmig angenommen und eine Gesamtaufwendung von 15 Millionen Fr. für den Bremseinbau, der in sechs Jahren durchgeführt sein soll, genehmigt.

(Nach: Schweizerische Bauzeitung. Bd. 92, Nr. 1 und 2, M. Weiss, Güterzug-Luftdruckbremsen mit besonderer Berücksichtigung der Drolshammer-Bremse.) Ebert.

Buchbesprechungen.

Deutscher Reichsbahn-Kalender für 1929. Herausgegeben von Reichsbahndirektor Dr. Dr. Baumann. Konkordia-Verlag Leipzig.

Der Reichsbahn-Kalender ist zum dritten Male erschienen. Er enthält wieder eine Fülle wohlgelungener Bilder vom einfachbeschaulichen Landschaftsbild bis hinauf zu Darstellungen technischer Neuheiten, die in jeder wissenschaftlichen Fachzeitschrift Aufmerksamkeit erregen würden. Die kurzen, knappen Erläuterungen zu jedem Bilde können gleichfalls als äußerst ansprechend bezeichnet werden. In der Anordnung erkennt man leicht einen wohlabgewogenen Plan. Unter dem Stichworte „Eisenbahn und Volk" werden wir durch alle Zweige des Personenverkehrs geführt, wir folgen ihm vom Wintersport über die Ferienreise bis zur Weinlese und die Netzkarten aller Reichsbahndirektionen, in denen für jede Strecke die Belegung mit Personenzügen in einheitlichem Maßstab dargestellt ist, gibt Anlaß zu anregenden Vergleichen.

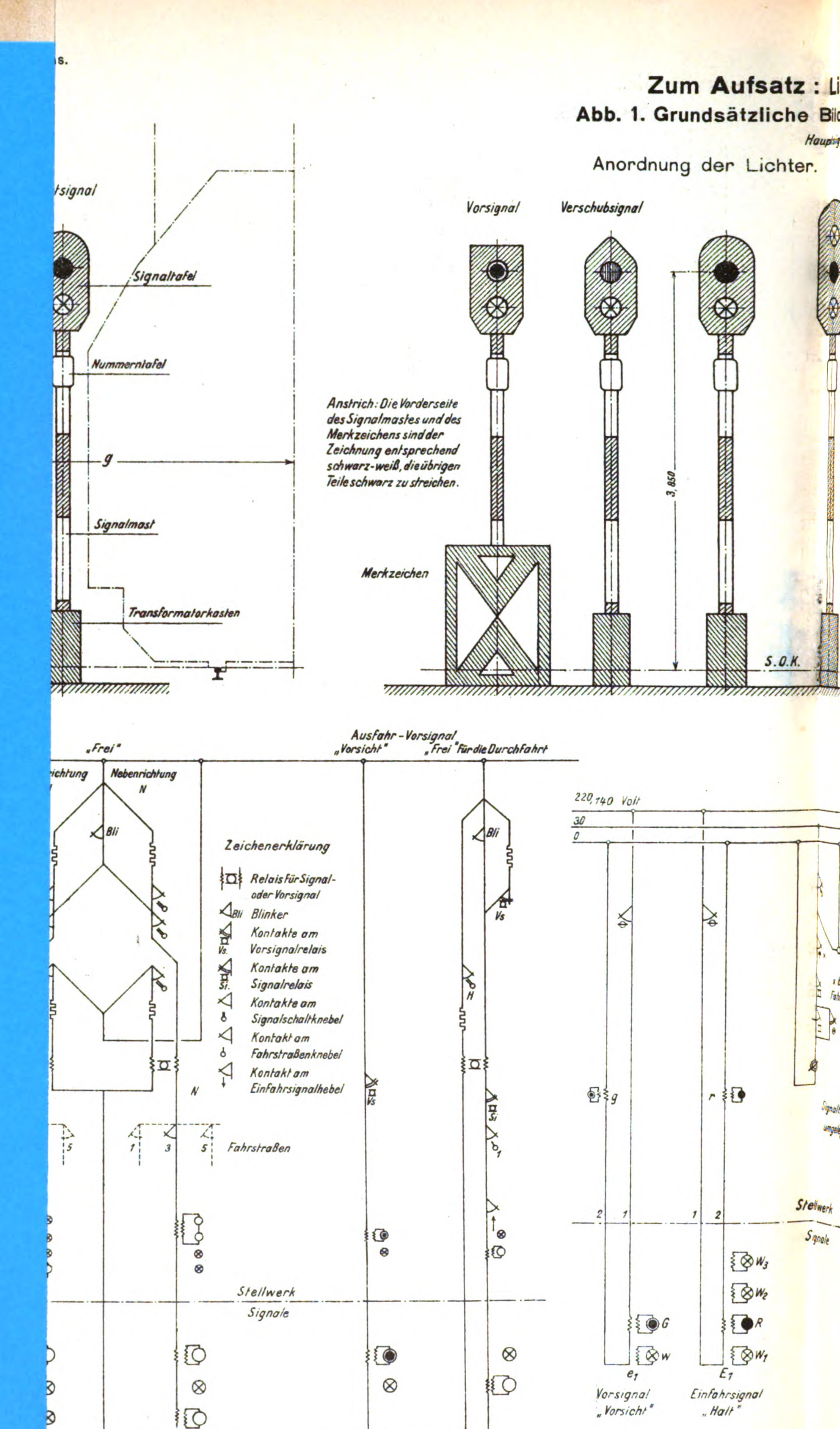
Alles in allem: Der Reichsbahn-Kalender ist sicherlich eines der anheimelndsten Werbemittel der Deutschen Reichsbahn. Seine gute Wirkung nach innen wie nach außen ist ja auch bereits voll erwiesen.

Dr. Bl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.

Zum Aufsatz : Li

Abb. 1. Grundsätzliche Bild

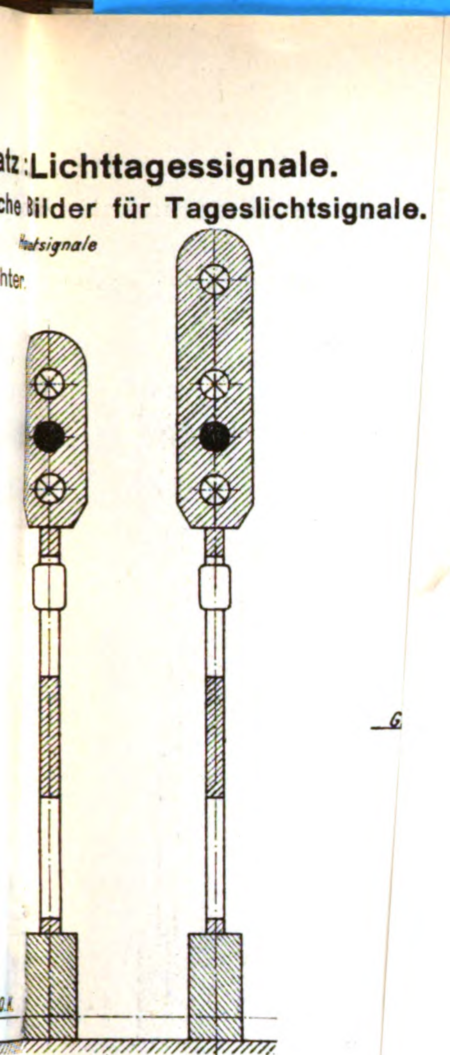


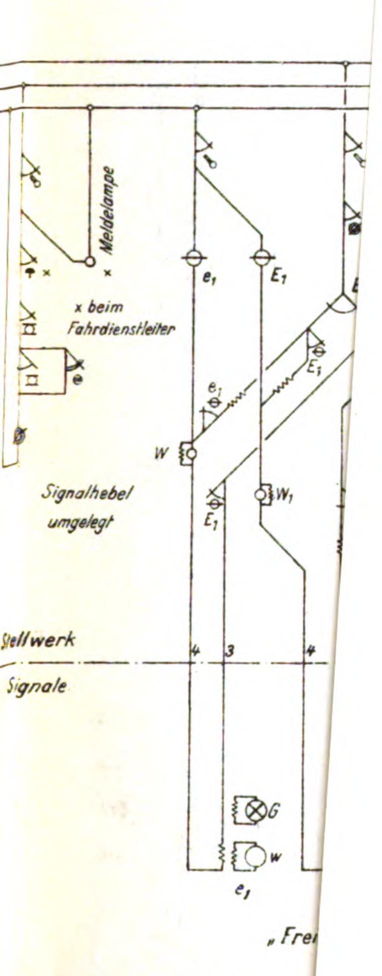
altbild der Lichtsignalanlage auf dem Bahnhof
: Patent Stefan Götz u. Söhne, Wien.

Abb. 3. Grundsätzliches
Bauart : P

atz: Lichttagessignale.

che Bilder für Tageslichtsignale.





tzliches Schaltbild de

uart: Patent Siemens

s.

tsi

ichtu

altb

: Pa

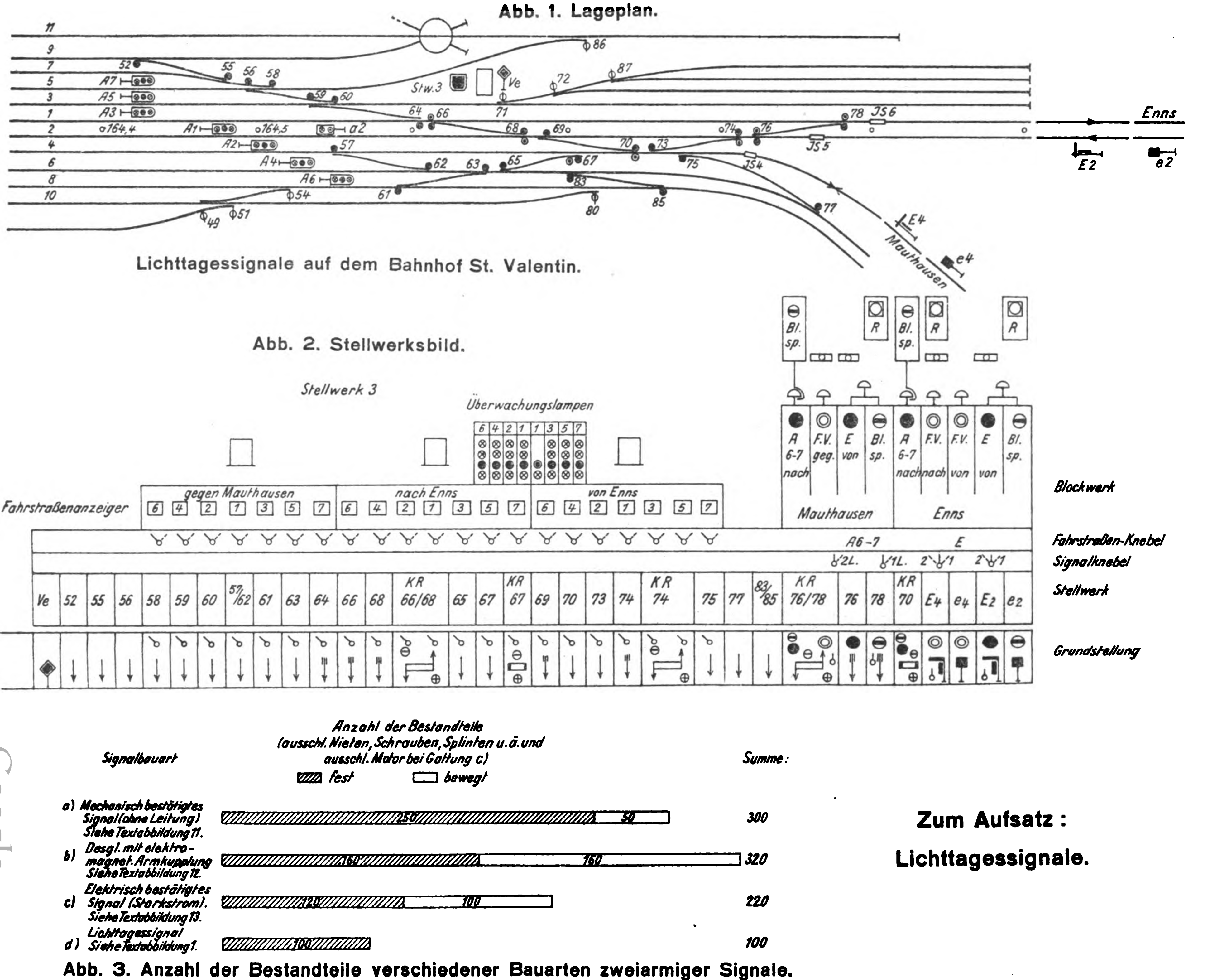


Abb. 1. Lageplan.

Lichttagessignale auf dem Bahnhof St. Valentin.

Abb. 2. Stellwerksbild.

Abb. 3. Anzahl der Bestandteile verschiedener Bauarten zweiarmiger Signale.

Zum Aufsatz: Lichttagessignale.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt. C. W. Kreidel's Verlag München



1929
84. Jahrgang

Heft 3
1. Februar

ORGAN
FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN
HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

84. Jahrgang | 1. Februar 1929 | Heft 3

Über Wirtschaftlichkeitsberechnungen, insbesondere in der Gleiswirtschaft.

Von Reichsbahnoberrat **Draesel**, Essen.

Die Reichsbahn mit ihren zahlreichen neuen Formen und Hilfsmitteln im ganzen Geschäftsbereich, mit ihrer Mechanisierung und den dazu gehörigen neuzeitlichen Geräten kann vergleichende Wirtschaftlichkeitsberechnungen nicht entbehren. Die Praxis und auch die über diese Frage ziemlich spärliche Literatur läßt jedoch erkennen, daß über die Ausführung solcher Berechnungen vielfach Zweifel und Unklarheiten bestehen. Dabei ist diese Frage recht wichtig. Die folgende Abhandlung will zu ihr einen Beitrag liefern, der nicht unanfechtbar Richtiges bringen, sondern nur zur Klärung und Vereinheitlichung der Rechnungsart anregen soll.

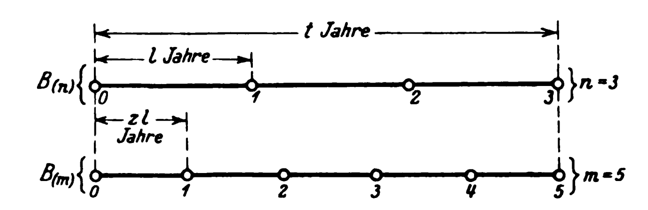
In den meisten Fällen ist bei einer solchen Rechnung eins der Vergleichsdinge neu und unerprobt. Oft sind es sogar mehrere; z. B. wenn im Oberbaufach die beiden Eisenschwellen Sw 1^a — Reichsoberbau B 49 — und Sw 5^a — Reichsoberbau K mit plattengeschweißten Schwellen — verglichen werden sollen, über deren Nutzungsdauer Erfahrungswerte noch fehlen. Die jährlichen Unterhaltungskosten wird man in solchen Fällen noch einigermaßen richtig schätzen können, die für die Rechnung unentbehrliche Nutzungsdauer dagegen keinesfalls. Und hierin liegt wohl die größte Schwierigkeit für eine auch nur annähernd befriedigende Rechnung. Man kann die Schwierigkeit dadurch mildern, daß man solche Unbekannten nicht mit absoluten und sicher falsch geschätzten Werten einführt, sondern in Verhältniszahlen darzustellen versucht. So z. B. müßte man bei dem erwähnten Vergleich zweier in der Dauer ihrer Gleisfähigkeit noch unerprobter Oberbauschwellen so vorgehen, daß in der Rechnung nur das Verhältnis der Liegezeiten beider Schwellen auftritt. Solche Verhältniszahlen lassen bei der Auswertung des Rechnungsergebnisses einen gewissen Spielraum und erleichtern es, aus dem Resultat brauchbare Schlüsse zu ziehen.

Die Untersuchungen sollen auf folgender Grundlage aufgebaut werden: Zum Vergleich stehen zwei Dinge, die dem gleichen Zweck dienen. Das eine hat eine Nutzungsdauer von l Jahren, das andere von z.l Jahren, wobei $z < 1$ sein soll. Jenes muß im Zeitraum t n-mal, dieses m-mal erneuert werden. In der beigegebenen Skizze ist beispielsweise $n = 3$ und $m = 5$ angenommen. Es gilt $n.l = m.z.l$ und das Verhältnis der Nutzungsdauer ist $\frac{n}{m} = z$. Im Beispiel (siehe Abb.) ist $\frac{n}{m} = {}^3/_5 = 0{,}60$. $B_{(n)}$ und $B_{(m)}$ bezeichnen den jeweils bei der Erneuerung erforderlichen Beschaffungsaufwand, wobei der am Ende einer Nutzungsdauer vorhandene Altwert des zu ersetzenden Gegenstandes als Rückgewinn angerechnet werden muß. Es sei angenommen, daß bei jeder Erneuerung die gleichen Kosten $B_{(n)}$ und $B_{(m)}$ entstehen. Hierin liegt natürlich eine Unsicherheit der Rechnung, da die in dem Zeitraum t leicht möglichen Veränderungen unberücksichtigt bleiben. Es ist dies jedoch von geringer Bedeutung für die Untersuchung, die hauptsächlich den Wert der möglichen Rechnungsarten untereinander vergleichen will, somit nur grundsätzliche Gesichtspunkte zur Grundlage hat und auf einfachen Voraussetzungen aufgebaut sein kann.

Die jährlichen Unterhaltungs- und Betriebskosten erscheinen in Prozenten von $B_{(n)}$ und $B_{(m)}$, sie seien $B_{(n)}.\alpha_n$ und $B_{(m)}.\alpha_m$. In diese Beträge müssen zutreffendenfalls noch sonstige jährliche Arbeitsaufwendungen, die bei der Anwendung des betr. Gegenstandes aufkommen, dann eingerechnet werden, wenn sie voneinander abweichen. Weiter sollen die jeweils bei Erneuerung der Anlage entstehenden — in der Regel verhältnismäßig geringen — Kosten für Einrichtung (z. B. Aus- und Einbau) auf Jahresbeträge zurückgeführt gleichfalls mit berücksichtigt sein; bei unbekannter Nutzungsdauer wird man diese Jahresbeträge schätzen müssen, was jedoch nur unerhebliche Fehler gibt.

Es sind zwei Fälle zu unterscheiden:

I. Angenommen, daß der Zeitraum t ein Ausschnitt aus der Gebrauchsdauer der betr. Anlage ist, daß also die erstmalige Beschaffung (Neuanlage) zurück liegt. Es ist somit nur der Betrag für die jeweilige Erneuerung aufzubringen, während das eigentliche Anlagekapital bereits getilgt sein soll. Es kommt also — entsprechend der Voraussetzung gleich bleibender $B_{(n)}$ und $B_{(m)}$ — beim Beginn des Zeitraums t und bei allen späteren Erneuerungen jeweils der Aufwand $B_{(n)}$ und $B_{(m)}$ in Frage. Diesen Fall wird man z. B. immer annehmen können, wenn es sich um Oberbau in vorhandenen Gleisen handelt.



II. Anders liegt es beim zweiten Fall. Hier soll zu Beginn des Zeitraums t erstmalige Beschaffung eines bis dahin auch in ähnlicher Form noch nicht vorhandenen Gegenstandes eintreten. Für diese ausgesprochene Neuanlage stehen weder Rücklagen zur Verfügung, noch können Rückeinnahmen aus dem Altwert der zu ersetzenden Anlage (z. B. Schrotwert) angerechnet werden. Die Beschaffungssumme $A_{(n)}$ und $A_{(m)}$ zu Beginn des Zeitraums t — das eigentliche Anlagekapital — ist deshalb in der Regel größer, als die später bei der Erneuerung nötige Aufwendung $B_{(n)}$ oder $B_{(m)}$. Das Anlagekapital $A_{(n)}$ oder $A_{(m)}$ sei $= B_{(n)}.\beta$ oder $B_{(m)}.\beta$, wobei $\beta > 1$ ist. Der Wert β kann für beide Vergleichsanlagen gleich groß angenommen werden, was von der Wirklichkeit nicht viel abweichen wird. β selbst ist leicht zu ermitteln. Wenn z. B. beim Oberbau der Rückgewinn in Schrot besteht (40% des Neuwertes), ergibt sich für β die Beziehung $A(1-0{,}40) = B$; $\beta = \frac{1}{0{,}60} = 1{,}67$.

Man kann nun so vorgehen: Für Verzinsung und Tilgung der Beschaffungsbeträge gibt es eine ganze Anzahl mögliche Rechnungsarten, teils bereits gebräuchlich, teils naheliegend. Unter Annahme gleicher Wirtschaftlichkeit der beiden zu vergleichenden Anlagen ($B_{(n)}$ und $B_{(m)}$) ermittelt man den Einfluß dieser verschiedenen Rechnungsweisen auf die wichtigsten Faktoren der Wirtschaftlichkeitsberechnung, nämlich einmal auf die Beschaffungskosten, ausgedrückt als

Verhältniszahl $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$, wobei die Nutzungsdauer l und z.l als bekannt angenommen wird und weiter auf den Wert $z=\frac{n}{m}$, wobei $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ und die zu $B_{(n)}$ gehörige Nutzungsdauer l bekannt sein müssen. Nach Annahme ist $l > z.l$ und dementsprechend wird normalerweise $B_{(n)} > B_{(m)}$ oder $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} > 1$ sein, da ein Gegenstand mit langer Gebrauchsdauer naturgemäß teurer sein darf, als ein kurzlebiger.

Ohne Rücksicht auf Verzinsung, Tilgung, Unterhaltung usw. bestehen bei gleicher Wirtschaftlichkeit folgende Beziehungen, die als natürliche bezeichnet seien:

$$\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{l}{z\,.\,l} = \frac{1}{z} \quad \text{und} \quad z = \frac{n}{m} = \frac{B_{(m)}}{B_{(n)}}.$$

Weicht bei einer Rechnungsart der Wert $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ wesentlich von diesem natürlichen Verhältnis $\frac{l}{z\,.\,l}$ ab, so geht dies zuungunsten einer der beiden Anlagen. Wenn z. B. $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ unter $\frac{l}{z\,.\,l}$ herabsinkt und sich dem Grenzwert 1 nähert, würde dies bedeuten, daß der Anschaffungsbetrag, bis zu dem zu gehen die Wirtschaftlichkeit gestattet, entweder bei $B_{(n)}$ geringer oder bei $B_{(m)}$ höher wird. Dies geht in jedem Falle offenbar zuungunsten der zu $B_{(n)}$ gehörenden Anlage. Denn wenn der Kaufpreis für die langlebige Anlage geringer werden muß, um den Wettbewerb derjenigen von kürzerer Nutzungsdauer aushalten zu können, rückt die Möglichkeit näher, daß jene Anlage für den verminderten Preis gar nicht mehr zu haben ist; und andrerseits, wenn man für die kurzlebige Anlage mehr anlegen kann, ohne die Grenze der Wirtschaftlichkeit zu überschreiten, wächst die Wahrscheinlichkeit für ihren wirtschaftlichen Vorteil. Ähnlich liegt es bei der Zahl $z = \frac{n}{m}$. Nach Annahme ist $z < 1$. Der obere Grenzwert ist $z = 1$. Sinkt z. B. z unter das natürliche Verhältnis $\frac{B_{(m)}}{B_{(n)}}$ herab und nähert sich mehr dem unteren Grenzwert „Null", so geht dies gleichfalls zuungunsten der zu $B_{(n)}$ gehörenden Anlage mit langer Nutzungsdauer. Denn da hier die Zahl n nach endgültiger Festsetzung von t bekannt und nicht mehr veränderlich ist, kann $\frac{n}{m}$ nur kleiner werden, wenn m wächst, d. h. wenn die Nutzungsdauer z.l der kurzlebigen Anlage ($B_{(m)}$) sich verringert. Hierbei wächst aber die Wahrscheinlichkeit, daß diese Anlage die geringe Lebenszeit z.l bestimmt erreicht oder sogar überschreitet und damit die Möglichkeit ihres wirtschaftlichen Vorteils.

In dieser Weise kann man also durch Vergleich feststellen, wie die einzelnen Rechnungsarten die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung beeinflussen und wie ihr Wert einzuschätzen ist.

Fall I. Hier handelt sich — wie gesagt — nur um Erneuerung einer in gleicher oder ähnlicher Form bereits vorhandenen Anlage. Die erstmalige Anschaffung, das eigentliche Anlagekapital soll bereits getilgt sein.

1. Ohne Zinsen und Tilgungsraten. Die am Schluß des Zeitraums t erforderliche Erneuerung bildet den Beginn einer neuen Zeitspanne t und kommt deshalb nicht mehr in Betracht.

Gesamtaufwendung in der Zeit t für die in obiger Skizze dargestellten beiden Anlagen:
$B_{(n)}.n + B_{(n)}.n.l.\alpha_n$ und $B_{(m)}.m + B_{(m)}.m.z.l.\alpha_m$. Man setzt $m = \frac{n}{z}$ und $m.z = n$ und erhält bei abweichender Wirtschaftlichkeit als Gesamtmehrkosten:

$$M = n\,.\,l\left[B_{(m)}\left(\frac{1}{z\,l} + \alpha_m\right) - B_{(n)}\left(\frac{1}{l} + \alpha_n\right)\right].$$

Jährliche Mehrkosten $M_o = \frac{M}{n\,.\,l}$.

Sind beide Anlagen — ($B_{(n)}$ und $B_{(m)}$) — wirtschaftlich gleichwertig, so ist $M = 0$ und es ergibt sich:

$$\text{1a)} \quad \frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{\frac{1}{z\,.\,l} + \alpha_m}{\frac{1}{l} + \alpha_n},$$

$$\text{1b)} \quad z = \frac{1}{\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}(1 + l\,.\,\alpha_n) - l\,.\,\alpha_m}.$$

Sind die durch α_n und α_m gekennzeichneten jährlichen Kosten für Unterhaltung, Betrieb, Einrichtung usw. für beide Anlagen gleich, so ist nach obiger Festsetzung $B_{(n)}\,\alpha_n = B_{(m)}\,.\,\alpha_m$ und es fallen in den obigen Gleichungen und ebenso in allen andern noch folgenden die Glieder mit α_n und α_m heraus.

Es wird dann: $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{l}{z\,.\,l} = \frac{1}{z}$ und $z = \frac{B_{(m)}}{B_{(n)}}$.

Diese Beziehungen sind bereits oben benutzt und als das natürliche Verhältnis zwischen $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ und z bezeichnet.

2. Man sammelt durch jährliche, Zinseszins tragende Rücklagen die Beträge $B_{(n)}$ und $B_{(m)}$ so an, daß sie am Ende jeder Nutzungsdauer l und z.l für die Ersatzbeschaffung zur Verfügung stehen.

Bei einem Zinsfuß von r % und wenn man wie üblich $1 + \frac{r}{100} = p$ setzt, ist bekanntlich die erforderliche jährliche Rücklage $B_{(n)}\,.\,\frac{p-1}{p^l-1}$ und $B_{(m)}\,.\,\frac{p-1}{p^{zl}-1}$.

Gesamtaufwendung im Zeitraum t:

$B_{(n)}.n.l\frac{p-1}{p^l-1} + B_{(n)}.n.l.\alpha_n$ und $B_{(m)}.n.l\frac{p-1}{p^{zl}-1} + B_{(m)}.n.l.\alpha_m$.

Gesamtmehrkosten

$$M = n\,.\,l\left[B_{(m)}\left(\frac{p-1}{p^{zl}-1} + \alpha_m\right) - B_{(n)}\left(\frac{p-1}{p^l-1} + \alpha_n\right)\right].$$

Jahresmehrkosten $M_o = \frac{M}{n\,.\,l}$.

Gleiche Wirtschaftlichkeit, $M = 0$; alsdann

$$\text{2a)} \quad \frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{\frac{p-1}{p^{zl}-1} + \alpha_m}{\frac{p-1}{p^l-1} + \alpha_n}.$$

2b) z erhält man durch Logarithmieren der Gleichung

$$p^{zl} = 1 + \frac{(p-1)}{\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}\left(\frac{p-1}{p^l-1} + \alpha_n\right) - \alpha_m}.$$

Bei gleichen Unterhaltungs- usw. Kosten fallen α_n und α_m fort und die Gleichungen gehen über in $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{p^l-1}{p^{zl}-1}$ und $p^{zl} = 1 + \frac{B_{(m)}}{B_{(n)}}(p^l - 1)$.

Gegen diese Rechnungsweise ist m. E. nichts einzuwenden. Sie ist dann, wenn das eigentliche Anlagekapital bereits getilgt ist, einwandfrei. Da α_m meist beträchtlich größer als α_n ist, so sind die Werte für $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ und für z in der

Regel größer als die nach den Gleichungen 1) und zwar dann beträchtlich, wenn es sich um lange Nutzungsdauer l und um größeren absoluten Unterschied zwischen l und zl handelt. Beim Oberbau z. B. können solche Werte für l und zl vorkommen. Es hat dies seine Ursache in dem Einfluß der Zinseszinsfaktoren $\frac{p-1}{p^l-1}$ und $\frac{p-1}{p^{zl}-1}$, wie man aus der Form der Gleichung 2a) ersehen kann, wenn man sich unter Zuhilfenahme von Zinseszinstafeln klar macht, wie die genannten Faktoren von l und z.l abhängen.

Der Einfluß der zweiten Rechnungsweise macht sich somit meistens zugunsten der zu $B_{(n)}$ gehörigen Anlage mit langer Nutzungsdauer geltend, d. h. die Wahrscheinlichkeit des wirtschaftlichen Vorteils dieser Anlage wächst. Zwei Beispiele dafür sind in der beigefügten Tafel zusammengestellt. Die Tafel enthält alle erforderlichen Erläuterungen, so daß der Hinweis auf sie genügt.

3. Vielfach findet man die Tilgung des Erneuerungsbetrages nach folgender Formel berücksichtigt:

$$B\left(\frac{p-1}{p^n-1}+0{,}01\,.\,v\right) \text{ für das Jahr.}$$

Bedeutung von B und p wie bisher, n = Nutzungsdauer, v = Zinsfuß für die Verzinsung des Kapitals B. Diese Rechnungsart bedeutet, daß der Erneuerungsbetrag zum Zeitpunkt der Erneuerung geliehen, während der ganzen folgenden Nutzungsdauer mit v% verzinst und am Ende dieser Zeit zurückgezahlt wird, wofür jährlich Tilgungsraten Zinseszins tragend $\left(r\%,\ 1+\frac{v}{100}=p\right)$ zurückgelegt werden.

Die Rechnung stellt sich so:

Gesamtaufwendung: $B_{(n)}.n.l\left(\frac{p-1}{p^l-1}+0{,}01.v\right)+B_{(n)}.n.l\,\alpha_n$

und $B_{(m)}.n.l\left(\frac{p-1}{p^{zl}-1}+0{,}01.v\right)+B_{(m)}.n.l.\alpha_m$

Gesamtmehrkosten:

$$M=n.l\left[B_{(m)}\left(\frac{p-1}{p^{zl}-1}+0{,}01.v+\alpha_m\right)-B_{(n)}\left(\frac{p-1}{p^l-1}+0{,}01.v+\alpha_n\right)\right].$$

Jahresmehrkosten $M_0=\frac{M}{n.l}$.

Bei gleicher Wirtschaftlichkeit, M = 0:

$$\textbf{3a)}\quad \frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}=\frac{\frac{p-1}{p^{zl}-1}+0{,}01.v+\alpha_m}{\frac{p-1}{p^l-1}+0{,}01.v+\alpha_m},$$

$$\textbf{3b)}\quad p^{zl}=1+\frac{(p-1)}{\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}\left(\frac{p-1}{p^l-1}+\alpha_n\right)-\alpha_m+0{,}01.v\left(\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}-1\right)}.$$

Bei gleichen Unterhaltungs- usw. Kosten fallen α_n und α_m fort und die Gleichungen gehen über in:

$$\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}=\frac{\frac{p-1}{p^{zl}-1}+0{,}01.v}{\frac{p-1}{p^l-1}+0{,}01.v} \text{ und}$$

$$p^{zl}=1+\frac{(p-1)}{\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}\cdot\frac{(p-1)}{(p^l-1)}+0{,}01.v\left(\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}-1\right)}.$$

Der Wert $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ in dieser letzten Fassung nähert sich bei größerem l und zl, also bei kleinen Zinseszinsfaktoren, erheblich der Zahl 1, wird also kleiner, als das entsprechende $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ nach Rechnungsart 2 $\left(\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}=\frac{\frac{p-1}{p^{zl}-1}}{\frac{p-1}{p^l-1}}\right)$. Ebenso wird p^{zl} und damit z kleiner. Das Entsprechende gilt auch für die Werte $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ und z der erweiterten Gleichungen 3a und 3b, also mit α_n und α_m.

Die Beispiele in der Tafel zeigen, daß diese Werte sogar noch erheblich unter diejenigen nach Gleichungen 1a und 1b herabsinken können. Die Rechnungsart 3 geht also ganz wesentlich zuungunsten der zu $B_{(n)}$ gehörigen Anlage mit langer Nutzungsdauer und zwar in einem Umfange, daß die Möglichkeit des wirtschaftlichen Vorteils dieser Anlage trotz ihrer Langlebigkeit stark beschränkt wird. Dies dürfte natürlich an und für sich kein Grund sein, die Rechnungsweise 3 auszuschließen und man müßte sich hiermit ebenso abfinden, wie mit dem gegenteiligen Einfluß der Rechnungsart 2, wenn man überzeugt sein könnte, daß jene Methode (3) gleichfalls auf einwandfreier Grundlage beruhte. Das ist indessen zweifelhaft. Denn diese Art der Beschaffung und Verzinsung des Kapitals ist einigermaßen unnatürlich, weil es kaum einem Unternehmen einfallen wird, sich bei jedem Erneuerungsaufwand auf lange Jahre hinaus mit der Zinslast v% zu beschweren. Auch dürfte ein derartiges Geldgeschäft, nämlich entweder den Betrag $B_{(n)}$ auf l Jahre oder $B_{(m)}$ auf z.l Jahre zu leihen, den auf dem Geldmarkt üblichen Gepflogenheiten in der Regel nicht entsprechen, namentlich dann nicht, wenn l hoch und auch zl trotz größerer Abweichung von l immerhin noch beträchtlich ist. Daß man einen höheren Betrag $B_{(n)}$ auf längere Jahre leihen kann, als den geringeren $B_{(m)}$, ist zwar denkbar. Wenn es sich aber um sehr lange Nutzungsdauer handelt, z. B. bei Oberbauschwellen, von denen die eine Art 35 Jahre gleisfähig ist, die andere dagegen nur 21, so ist doch wohl nicht anzunehmen, daß in dem einen Falle das Kapital auf 35 Jahre, im andern dagegen auf 21 geliehen werden kann. Die Regel wird vielmehr sein, daß für beide Kapitalien die Rückzahlungsfrist nicht wesentlich verschieden ist. Ich halte deshalb das Verfahren 3, obwohl es vielfach angewandt wird, für unrichtig und die nach ihm ausgeführten vergleichenden Wirtschaftlichkeitsberechnungen für anfechtbar. Einwandfrei richtig dagegen ist bei Anlagen, deren Anlagekapital bereits als getilgt gelten muß das Verfahren 2 und diese Rechnungsweise sollte deshalb die Regel sein.

Liegen aber besondere Umstände vor — und das dürfte die Ausnahme sein —, daß trotz getilgten Anlagekapitals jeder Erneuerungsbetrag zur Zeit seines Gebrauchs geliehen und unter Verzinsung später zurückgezahlt werden muß, so verdient das im folgenden Abschnitt 4 geschilderte Verfahren, den Vorzug, nämlich Rückzahlung des geliehenen Erneuerungskapitals sowohl für $B_{(n)}$ als auch für $B_{(m)}$ nach Ablauf gleicher Zeiten.

4. Das Erneuerungskapital $B_{(n)}$ oder $B_{(m)}$ wird zur Zeit des Gebrauchs geliehen, während k Jahren mit v% verzinst und am Ende dieser Zeit aus angesammelten jährlichen Rücklagen $\left(\text{Zinseszins, } r\%,\ 1+\frac{r}{100}=p\right)$ zurückgezahlt. Hierfür gelten folgende Beziehungen:

Gesamtaufwendung im Zeitraum t:

$$B_{(n)}.n.k\left(\frac{p-1}{p^k-1}+0{,}01.v\right)+B_{(n)}.n.l.\alpha_n \text{ und}$$

$$B_{(m)}.m.k\left(\frac{p-1}{p^k-1}+0{,}01.v\right)+B_{(m)}.n.l.\alpha_m.$$

Man setze $m = \frac{n}{z}$ und führe zur Abkürzung den Hilfswert

$\varrho = k\left(\frac{p-1}{p^k-1} + 0{,}01 \cdot v\right)$ ein.

Gesamtmehrkosten:

$$M = n \cdot l\left[B_{(m)}\left(\frac{\varrho}{z \cdot l} + \alpha_m\right) - B_{(n)}\left(\frac{\varrho}{l} + \alpha_n\right)\right].$$

Jahresmehrkosten $M_0 = \frac{M}{n\,l}$.

Bei gleicher Wirtschaftlichkeit. $M = 0$;

$$\text{4a)} \quad \frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{\frac{\varrho}{z \cdot l} + \alpha_m}{\frac{\varrho}{l} + \alpha_n}.$$

$$\text{4b)} \quad z = \frac{\varrho}{\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}(\varrho + l \cdot \alpha_n) - l \cdot \alpha_m}.$$

Die beiden Gleichungen sind denen nach 1 ähnlich.

Verschwinden α_n und α_m bei gleichen Unterhaltungskosten usw., so gehen die Gleichungen über in

$$\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{l}{z \cdot l} = \frac{1}{z} \text{ und } z = \frac{B_{(m)}}{B_{(n)}}.$$

Diese Beziehungen sind denen zu 1 sogar völlig gleich.

Hieraus kann man schon schließen, daß die Rechnungsweise 4 im Ergebnis derjenigen zu 1 nahe steht, was auch die Zahlen der Tafel bestätigen.

Fall II. Vollständige Neuanlage; auch in ähnlicher Form vorher nicht vorhanden. Für die erstmalige Beschaffung zu Beginn des Zeitraums t stehen Rücklagen nicht zur Verfügung. Ebenso fehlen Rückeinnahmen aus dem Wert der alten Anlage. Das erforderliche Anlagekapital muß deshalb in voller Höhe $A_{(n)}$ oder $A_{(m)}$ bereitgestellt werden. Wie schon oben erläutert, ist $A_{(n)}$ oder $A_{(m)}$ in der Regel größer als die für die spätere Erneuerung notwendige Ausgabe $B_{(n)}$ oder $B_{(m)}$ und zwar soll sein $A_{(n)} = B_{(n)} \cdot \beta$ und $A_{(m)} = B_{(m)} \cdot \beta$, wo $\beta > 1$ ist. Auf die obigen Ausführungen bei Erläuterung des Falles II sei verwiesen. Man beginnt auch hier, wie oben beim Fall I, mit der Rechnungsweise ohne Zinsen und Tilgung.

5. Ohne Zinsen und Tilgung. Die am Schluß des Zeitraums t erforderliche Erneuerung bildet den Beginn einer neuen Zeitspanne t und kommt deshalb nicht mehr in Betracht.

Gesamtaufwand im Zeitraum t:

$$B_{(n)} \cdot \beta + B_{(n)} \cdot (n-1) + B_{(n)} \cdot n \cdot l \cdot \alpha_n \text{ und}$$
$$B_{(m)} \cdot \beta + B_{(m)} \cdot (m-1) + B_{(m)} \cdot n \cdot l \cdot \alpha_m.$$

Man setzt $m = \frac{n}{z}$.

Gesamtmehrkosten:

$$M = n \cdot l\left[B_{(m)}\left(\frac{1}{z \cdot l} + \alpha_m + \frac{\beta-1}{n \cdot l}\right) - B_{(n)}\left(\frac{1}{l} + \alpha_n + \frac{\beta-1}{n \cdot l}\right)\right]$$

Jahresmehrkosten $M_0 = \frac{M}{n \cdot l}$.

Bei gleicher Wirtschaftlichkeit beider Anlagen, d. h. bei $M = 0$:

$$\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{\frac{1}{z\,l} + \alpha_m + \frac{\beta-1}{n \cdot l}}{\frac{1}{l} + \alpha_n + \frac{\beta-1}{n \cdot l}} \text{ und}$$

$$z = \frac{1}{\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}\left(1 + l \cdot \alpha_n + \frac{\beta-1}{n}\right) - l \cdot \alpha_m - \frac{\beta-1}{n}}.$$

Die Glieder mit β, die den Einfluß der von $B_{(n)}$ und $B_{(m)}$ abweichenden Anlagekapitalien darstellen, wirken störend, da sie die Zahl n im Nenner enthalten. Nach den Grundlagen der Rechnung (obige Skizze) hat man in der Wahl der Zahl n freie Hand. Wählt man n groß, so untersucht man einen langen Zeitraum t. Man könnte nun n sehr groß annehmen, so daß die Glieder $\frac{\beta-1}{n \cdot l}$ und $\frac{\beta-1}{n}$ zu vernachlässigen wären. Daß dies möglich ist, lehrt schon der Rechnungsgang für die Gesamtmehrkosten M, wobei das nur einmal auftretende Anlagekapital durch n.l geteilt, also auf die ganze Zeit t gleichmäßig verteilt wird, so daß bei sehr großem t der Jahresanteil fast verschwindet. Bringt man auf diese Weise die Glieder mit β zum Verschwinden, so gibt man damit den Unterschied zwischen dem Anlagekapital und dem Erneuerungsbetrag auf und bekommt dieselben Gleichungen wie beim Fall 1. Hierbei würde man natürlich einen einflußreichen Fehler begehen. Richtiger rechnet man, wenn man für n einen kleinen Wert wählt, um sicher zu gehen, z. B. $n = 1$. Die Gleichungen werden dann:

$$\text{5a)} \quad \frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{\frac{1}{z \cdot l} + \alpha_m + \frac{\beta-1}{l}}{\frac{1}{l} + \alpha_n + \frac{\beta-1}{l}}.$$

$$\text{5b)} \quad z = \frac{1}{\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}(\beta + l \cdot \alpha_n) - l \cdot \alpha_m - (\beta - 1)}.$$

Bei $\beta = 1$, d. h. wenn man das Anlagekapital gleich dem späteren Erneuerungsbetrag setzt, kommt man natürlich auf die Gleichungen 1a und 1b.

Bei gleichen Kosten für Unterhaltung usw. verschwinden die Glieder mit α und die Gleichungen nehmen die Form an:

$$\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{\frac{1}{z \cdot l} + \frac{\beta-1}{l}}{\frac{1}{l} + \frac{\beta-1}{l}} = \frac{\frac{1}{z} + (\beta - 1)}{\beta} \text{ und } z = \frac{1}{\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} \cdot \beta - (\beta - 1)}.$$

Wie die Beispiele der Tafel zeigen und wie auch schon aus der Form der Ausdrücke 5a und 5b hervorgeht, werden bei dieser Rechnungsart 5 die Werte $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ und z kleiner, als nach den Gleichungen 1a und 1b, d. h., die Wahrscheinlichkeit des wirtschaftlichen Vorteils der zu $B_{(m)}$ gehörigen Anlage mit kurzer Nutzungsdauer wächst.

6. Das zu Beginn des Zeitraums t nötige eigentliche Anlagekapital $B_{(n)} \cdot \beta$ bzw. $B_{(m)} \cdot \beta$ wird für beide Anlagen während k Jahren mit v% verzinst und nach k Jahren zurückgezahlt, wofür während dieser Jahre Zinseszins tragende jährliche Rücklagen (r%, $1 + r/100 = p$) angesammelt werden. Man wählt also für Verzinsung und Tilgung nicht den Zeitraum der Nutzungsdauer (l und zl); im übrigen ist auf die obigen Ausführungen bei der Rechnungsart 3 zu verweisen. Die späteren Erneuerungsbeträge $B_{(n)}$ und $B_{(m)}$ werden durch vorherige jährliche Rücklagen (Zinseszins r%, $1 + r/100 = p$) während der Nutzungsdauer l und z l bereitgestellt.

Gesamtkosten im Zeitraum t:

$$B_{(n)} \cdot \beta \cdot k\left(\frac{p-1}{p^k-1} + 0.01 \cdot v\right) + B_{(n)} \cdot n \cdot l \cdot \frac{p-1}{p^l-1} + B_{(n)} \cdot n \cdot l \cdot \alpha_n$$

und

$$B_{(m)} \cdot \beta \cdot k\left(\frac{p-1}{p^k-1} + 0.01 \cdot v\right) + B_{(m)} \cdot n \cdot l \cdot \frac{p-1}{p^{zl}-1} + B_{(m)} \cdot n \cdot l \cdot \alpha_m$$

Man führt nun wiederum wie bei 4 den Hilfswert $\varrho = k\left(\frac{p-1}{p^k-1} + 0{,}01 \cdot v\right)$ ein.

Gesamtmehrkosten

$$M = n.l\left[B_{(m)}\left(\frac{p-1}{p^{zl}-1} + \frac{\beta}{n.l}\cdot\varrho + \alpha_m\right) - B_{(n)}\left(\frac{p-1}{p^l-1} + \frac{\beta}{n.l}\cdot\varrho + \alpha_n\right)\right]$$

Jahresmehrkosten $M_0 = \frac{M}{n.l}$.

Auch hier, wie bei 5, haben die Glieder mit β die Zahl n im Nenner. Setzt man dieses n, wie bei 5 erläutert, gleich 1, so erhält man für $M = 0$:

$$\textbf{6a)} \ldots\ldots \frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{\frac{p-1}{p^{zl}-1} + \frac{\beta}{l}\cdot\varrho + \alpha_m}{\frac{p-1}{p^l-1} + \frac{\beta}{l}\cdot\varrho + \alpha_n}$$

$$\textbf{6b)} \ldots p^{zl} = 1 + \frac{(p-1)}{\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}\left(\frac{p-1}{p^l-1} + \alpha_n\right) - \alpha_m + \frac{\beta}{l}\cdot\varrho\left(\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} - 1\right)}$$

Bei gleichen Kosten für Unterhaltung usw. verschwinden die Werte α; die hierbei entstehenden Ausdrücke sind aus 6a und 6b ohne weiteres abzulesen. Die Gleichungen 6a und 6b sind denen nach Rechnungsart 3 ähnlich und unterscheiden sich nur durch den Ausdruck $\frac{\beta}{l}.\varrho$ an Stelle des bei 3a und 3b vorhandenen 0,01.v. Der Wert $\frac{\beta}{l}.\varrho$ ist ebenso wie 0,01.v (bei v = 10% ist 0,01.v = 0,10) von beträchtlichem Einfluß. $\frac{\beta}{l}.\varrho$ hat, wenn man die in der Tafel gegebenen Beispiele zugrunde legt, folgende Größe:

1. **Beispiel.** $l = 35$ Jahre (Oberbau), $\beta = 1{,}67$ (Schrotwert), $k = 10$ Jahre, $p = 1{,}07$, $v = 10\%$: $\frac{\beta}{l}.\varrho = 0{,}08$
2. **Beispiel.** $l = 9$ Jahre $\beta = 1{,}11$ (10% Altwert), $k = 10$ Jahre, puv wie vor: $\frac{\beta}{l}.\varrho = 0{,}18$

Der Einfluß der Rechnungsweise 6 auf $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ und z ist deshalb ähnlich wie bei 3, d. h. die Rechnung geht wesentlich zu ungunsten der zu $B_{(n)}$ gehörigen Anlage mit langer Nutzungsdauer und die Wahrscheinlichkeit des wirtschaftlichen Vorteils der kurzlebigen Anlage $B_{(m)}$ wächst. Die Zahlen der Tafel bestätigen dies. Natürlich muß man sich hier mit diesem Ergebnis abfinden, da gegen die Rechnungsart 6 wohl kaum etwas einzuwenden ist.

Hiermit dürften die naheliegenden Rechnungsarten im wesentlichen erschöpft sein. Zwei durchgerechnete Beispiele sind in der folgenden Tafel zusammengestellt.

Für das erste Beispiel (Spalten 3 bis 6 der Tafel) ist eine sehr lange Nutzungsdauer für $B_{(n)}$, nämlich $l = 35$ Jahre gewählt, wie sie z. B. beim Oberbau vorkommen kann. z ist für den Fall des „natürlichen Verhältnisses" (Gleichung 1a ohne α) zu 0,60 angenommen, so daß die Nutzungsdauer z.l der kurzlebigen Anlage $(B_{(m)}) = 0{,}60 \times 35 = 21$ Jahre beträgt. Weiter ist gesetzt r = 7%, also p = 1,07 und v = 10%.

α_n und α_m ist zu 0,08 und 0,15 angenommen. Die für den II. Fall (Gleichung 5 und 6) nötige Zahl β, die das Verhältnis des eigentlichen Anlagekapitals zur späteren Erneuerungsausgabe darstellt, ist mit $\beta = 1{,}67$ festgesetzt, entsprechend 40% Rückgewinn durch Altwert. Nämlich

$$A(1-0{,}40) = B, A = \frac{B}{0{,}60} = 1{,}67 \times B = \beta.B.$$

Dem zweiten Beispiel (Spalten 7 bis 10 der Tafel) liegt eine Anlage mit kurzer Nutzungsdauer $l = 9$ Jahre zugrunde. z für Gleichung 1a (ohne α) = 0,67, somit $z.l = 0{,}67 \times 9 = 6$ Jahre. p und v wie vor, auch für α_n und α_m sind die Zahlen 0,08 und 0,15 beibehalten. Für β ist 10% Altwert angenommen, so daß $\beta = 1{,}11$ ist.

Alle sonst noch erforderlichen Annahmen z. B. k sind aus der Zusammenstellung auf Seite 42 zu ersehen.

Das Ergebnis der Rechnungsarten 1 und 5, also ohne Tilgung der Kaufsumme, weicht erheblich von den genauen Verfahren 2 und 6 ab. Bei Überschlagsrechnungen nach 1 und 5 ist also eine gewisse Vorsicht am Platze. Man kann sonst sehr leicht erhebliche Fehlschlüsse ziehen. Selbstverständlich gibt es Verhältnisse, wobei man unbedenklich die Rechnungsarten 1 und 5 anwenden kann. Z. B. kann man dann die einfachen und handlichen Beziehungen 1 und 5 benutzen, wenn es trotz der groben Rechnung möglich ist, aus dem Ergebnis richtige Schlüsse zu ziehen. Bekannt sei z. B. das Verhältnis $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$, ferner l und α, wobei α_m beträchtlich größer als α_n ist, und weiter kennt man den Wert z, der in Wirklichkeit nicht überschritten wird. Will man nun feststellen, welche von beiden Anlagen wirtschaftlicher ist und findet man bei der vorläufigen Überschlagsrechnung nach Gleichung 1b einen Wert für z, der über der genannten Grenze liegt, so ist daraus mit Sicherheit zu schließen, daß die zu $B_{(m)}$ gehörige kurzlebige Anlage weniger wirtschaftlich ist, da ihre im Höchstfalle erreichbare Nutzungsdauer z.l nicht groß genug ist, um der Gleichung 1b zu genügen. Die genaue Rechnung mit Tilgungsrücklagen (Gleichung 2b) braucht man in diesem Falle nicht mehr auszuführen, da deren Wert z noch über dem nach Gleichung 1b liegt.

Das Ergebnis der Untersuchung läßt sich wie folgt zusammenfassen:

a) Bei vorhandenen Anlagen, deren Anlagekapital als getilgt gelten muß, ist die Rechnungsart 2 zutreffend, d. h., die Beträge für die Erneuerung werden durch vorherige, auf die Nutzungsdauer sich erstreckende jährliche Rücklagen, die Zinseszins tragend angelegt werden, angesammelt. Das häufig angewandte Verfahren nach Rechnungsweise 3, nämlich außer den genannten Tilgungsrücklagen noch eine auf die Nutzungsdauer ausgedehnte Verzinsung des Erneuerungskapitals anzunehmen, ist unrichtig.

b) Bei völlig neuen Anlagen darf die Verzinsung der Kosten der erstmaligen Beschaffung, also des eigentlichen Anlagekapitals bis zu dessen Rückzahlung und weiter die Ansammlung der Rücklagen für diese Rückerstattung nicht unberücksichtigt gelassen werden. Der Zeitraum, nach dessen Ablauf das Anlagekapital zurückgezahlt werden muß, hat mit der Nutzungsdauer der Anlage an sich nichts zu tun, sondern richtet sich lediglich nach dem Geldmarkt oder nach besonderen, dem Unternehmen eigenen Umständen. (Rechnungsart 6.)

c) Überschlagsrechnungen nach den Verfahren 1 und 5, also ohne Tilgungsraten und evtl. Zinsen sind im Grundsatz unrichtig. Man kann sie jedoch unter gewissen Voraussetzungen ohne große Fehler anwenden, z. B. dann, wenn es nach Lage der Sache möglich ist, richtige Schlüsse aus dem Ergebnis zu ziehen, muß sich aber in jedem Fall überzeugen, daß die betr. Voraussetzungen erfüllt sind.

Zum Schluß sei noch ein Sonderfall behandelt, der sich auf Entschädigungsforderungen bei Verkürzung der Lebensdauer bezieht.

Die Bodensenkungen infolge des Bergbaus schädigen den Oberbau außerordentlich und verkürzen infolgedessen seine Liegedauer. Das gleiche tritt ein durch starke Rostschäden oder durch Verschmutzung, verursacht durch benach-

Fall	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Lange Nutzungsdauer $l = 35$ Jahre, entsprechend lang auch $z \cdot l$				Kurze Nutzungsdauer $l = 9$ Jahre, entsprechend auch $z \cdot l$			
			Werte für $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$, bei $z = 0{,}60$, also $z \cdot l = 21$ Jahre		Werte für z		Werte für $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$, bei $z = 0{,}67$, also $z \cdot l = 6$ Jahre		Werte für z	
		Nach Gleichung Nr.	bei gleichen Kosten für Unterhaltung usw., also bei $B_{(n)} a_n = B_{(m)} \cdot a_m$	bei ungleichen Kosten für Unterhaltung usw. und zwar bei $a_n = 0{,}08$ $a_m = 0{,}15$	bei $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = 1{,}67$, im übrigen wie Sp. 3, also $B_{(n)} \cdot a_n = B_{(m)} \cdot a_m$	bei $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = 1{,}82$, im übrigen wie Sp. 4, also $a_n = 0{,}08$ $a_m = 0{,}15$	wie Sp. 3, also $B_{(n)} a_n = B_{(m)} \cdot a_m$	wie Sp. 4, also $a_n = 0{,}08$ $a_m = 0{,}15$	bei $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = 1{,}50$, im übrigen wie Sp. 3, also $B_{(n)} a_n = B_{(m)} \cdot a_m$	bei $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = 1{,}66$, im übrigen wie Sp. 4, also $a_n = 0{,}08$ $a_m = 0{,}15$
Fall I: Vorhandene Anlage, keine erstmalige Anschaffung. Anlagekapital bereits getilgt.	Ohne Rücklagen und Versinsung gerechnet	1a	1,67	1,82	—	—	1,50	1,66	—	—
		1b	—	—	0,60	0,60	—	—	0,67	0,67
	Das Kapital für die Erneuerung wird vorher durch jährliche Zinseszins tragende Rücklagen während der Nutzungsdauer l bzw. z.l angesammelt. Zinsfuß $r = 7\%$, $1 + \frac{r}{100} = p = 1{,}07$	2a	3,10	1,98	—	—	1,67	1,77	—	—
		2b	—	—	0,81	0,96	—	—	0,73	0,75
	Kapital wird z. Z. der Erneuerung geliehen und später nach Ablauf der Nutzungsdauer l bzw. z.l zurückgezahlt und bis zur Rückzahlung mit $v = 10\%$ verzinst. Für die Rückzahlung werden während der Nutzungsdauer l bzw. z.l jährliche Zinseszins tragende Rücklagen gemacht, hierfür Zinsfuß $r = 7\%$, $1 + \frac{r}{100} = p = 1{,}07$	3a	1,14	1,45	—	—	1,31	1,48	—	—
		3b	—	—	0,27	0,24	—	—	0,55	0,52
	Wie vor, Rückzahlung jedoch für beide Anlagen nach k Jahren. Verzinsung des Kapitals ($v = 10\%$) und jährliche Tilgungsrücklagen ($r = 7\%$, $p = 1{,}07$) deshalb bei beiden Anlagen nur während k Jahre. k für Spalten 3 bis 6 = 10 Jahre, k für Spalten 7 bis 10 = 6 Jahre	4a	1,67	1,77	—	—	1,50	1,63	—	—
		4b	—	—	0,60	0,58	—	—	0,67	0,64
Fall II: Erstmalige Anschaffung, so daß Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals berücksichtigt werden muß. Anlagekapital = $B_{(n)} \cdot \beta$ bzw. $B_{(m)} \cdot \beta$. β für Spalten 3 bis 6 = 1,67, für Spalten 7 bis 10 = 1,11.	Anlagekapital und Erneuerungsbeträge werden nicht verzinst und nicht getilgt.	5a	1,40	1,70	—	—	1,46	1,62	—	—
		5b	—	—	0,47	0,45	—	—	0,64	0,63
	Das eigentliche Anlagekapital wird bei beiden Anlagen nach k Jahren zurückgezahlt und bis zur Rückzahlung mit $v = 10\%$ verzinst. Rückzahlung durch jährliche Zinseszins tragende Tilgungsrücklagen ($r = 7\%$, $1 + \frac{r}{100} = p = 1{,}07$). k für Spalten 3 bis 6 = 10 Jahre, k für Spalten 7 bis 10 = 6 Jahre. Die Erneuerungsbeträge werden durch vorherige jährliche Zinseszins tragende Tilgungsrücklagen während der Nutzungsdauer l bzw. z.l aufgebracht. ($r = 7\%$, $1 + \frac{r}{100} = p = 1{,}07$).	6a	1,17	1,50	—	—	1,21	1,37	—	—
		6b	—	—	0,30	0,28	—	—	0,47	0,42

barte Industrieanlagen. Die Schäden durch Senkungen fallen immer dem Bergbautreibenden zur Last, die sonstigen Schäden der betreffenden Industrie dann, wenn sie über das für eine Industriegegend normale Maß hinausgehen. Die vermehrte laufende Unterhaltung bezahlt der Haftpflichtige von Fall zu Fall. Ebenso muß er aber auch für den Schaden infolge verkürzter Lebensdauer des Oberbaus aufkommen. Und häufig tritt die Frage auf, diesen Schaden zu bemessen.

Bekannt ist aus Vergleichsstrecken oder aus Erfahrung die normale Liegedauer l und die verkürzte z.l. Abnutzung und Altwert gleichartiger Oberbauteile sind in der Schadenstrecke nach zl Jahren dieselben, wie beim Fehlen der schädigenden Umstände nach l Jahren. Infolgedessen ist für gleichartige Oberbauteile der Erneuerungswert $B_{(n)} = B_{(m)} = B$. Bei Berechnung dieses Wertes B darf man einen Zuschlag für Verwaltungs- usw. -kosten nicht vergessen. Die Beträge für Unterhaltung, die durch die Werte α ausgedrückt werden, sind für die Reichsbahn bei jedem gleichartigen Oberbauteil die gleichen. Zwar fordert der geschädigte Oberbau erheblich mehr Unterhaltung als der normale, doch wird dieses Mehr von dem haftpflichtigen Dritten bezahlt. Die Kosten für Unterhaltung fallen somit aus der Vergleichsberechnung heraus und die Zahlen α_n und α_m enthalten nur noch die auf Jahresbeträge zurückgeführten Ausgaben des Ein- und Ausbaus bei der Erneuerung.

Da es sich um eine vorhandene Anlage mit getilgtem Anlagekapital handelt, gilt die Rechnungsart 2. Die infolge Verkürzung der Lebensdauer entstehenden jährlichen Mehrkosten Mo sind somit, da $B_{(n)} = B_{(m)} = B$ ist:

$$M_o = B\left(\frac{p-1}{p^{zl}-1} - \frac{p-1}{p^l-1} + \alpha_m - \alpha_n\right).$$

Wie bereits gesagt, bedeuten die Glieder $B.\alpha_m$ und $B.\alpha_n$ die auf die Jahreseinheit bezogenen Kosten für den Aus- und Einbau bei der Erneuerung. Man erhält sie, wenn man die Ausgaben eines einmaligen Aus- und Einbaus durch $z.l (= B.\alpha_m)$ und durch $l (= B.\alpha_n)$ teilt. Ist z. B. $z.l = 16$ Jahre, $l = 20$ Jahre, B nach Abzug des Altstoffrückgewinns $= 30$ ℳ/m-Gleis und kostet eine einmalige Auswechslung (Aus- und Einbau) $= 6{,}0$ ℳ/m, so erhält man für 1 m Gleis:

$$B.\alpha_m = \frac{6{,}0}{16} = 0{,}375 \text{ ℳ} \quad \text{und} \quad \alpha_m = \frac{0{,}375}{30} = 0{,}0125$$

$$B.\alpha_n = \frac{6{,}0}{20} = 0{,}300 \text{ ℳ} \quad \text{und} \quad \alpha_n = \frac{0{,}300}{30} = 0{,}0100$$

Weiter ist bei einem Zinsfuß von $r = 7\%$, also bei $p = 1{,}07$:

$$\frac{p-1}{p^{zl}-1} - \frac{p-1}{p^l-1} = 0{,}0359 - 0{,}0244 = 0{,}0115.$$

Somit betragen die jährlichen Mehrkosten infolge Verkürzung der Lebensdauer:

$$M_o = 30\,[0{,}0115 + 0{,}0125 - 0{,}0100] = 30 \times 0{,}0140 = \\ = 0{,}42 \text{ ℳ/m} = 420 \text{ ℳ/km Gleis.}$$

Wie die Annahme $B = 30$ ℳ/m zeigt, sind die gesamten Oberbauteile, also Schienen, Schwellen und Kleineisen zusammengefaßt. Dies ist natürlich eigentlich nicht streng richtig, da die verschiedenen Teile nicht der gleichen Abnutzung unterliegen. Will man genau rechnen, so muß man die Oberbauteile mit verschiedenem Verschleiß voneinander trennen und die Berechnung mehrfach durchführen, wobei der Wert B einmal für die Schienen, alsdann für die Schwellen und endlich für das Kleineisen gilt, zutreffendenfalls hier auch noch mit weiterer Unterteilung. Die Summierung aller Einzelergebnisse bringt die Gesamtmehrkosten. Die Werte α_n und α_m müssen hierbei nach den einzelnen Werten für B untergeteilt werden. Einfacher ist es aber, dem Wert B den ganzen Oberbau zugrunde zu legen und beim Rückgewinn an Altstoffen mit einer ausgemittelten Abnutzung zu rechnen. Hat man auf diese Weise B gefunden, so ist die Rechnung an sich einfach, wie das Zahlenbeispiel zeigt. Allerdings ist der Ausdruck mit den Zinseszinsfaktoren nicht bequem, da eine Logarithmen- oder Zinseszinstafel erforderlich ist, Hilfsmittel, die nicht immer zur Hand sind. Insbesondere nicht bei Verhandlungen mit den haftpflichtigen Dritten, wo häufig schnell eine solche Rechnung überschlägig durchgeführt werden muß. In solchen Fällen kann man unbedenklich nach der Rechnungsweise 1 (also ohne Tilgungsrücklagen) rechnen, da der Fehler nicht groß ist. Der Ausdruck für die jährlichen Mehrkosten stellt sich dann auf:

$$M_o = B\left(\frac{1}{zl} - \frac{1}{l} + \alpha_m - \alpha_n\right)$$

Ganz allgemein, also für jedes beliebige l und zl hat diese Art der Rechnung natürlich nur Überschlagswert. Ist jedoch die normale Nutzungsdauer l nicht sehr groß (etwa höchstens 20 Jahre) so wird der Fehler sehr gering. Die Rechnung kann dann noch weiter dadurch erleichtert werden, daß man die Aus- und Einbaukosten nicht auf die Jahreseinheit umlegt, sondern in einmaliger Höhe dem Erneuerungsbetrage B zuschlägt. Ein Blick auf den Rechnungsgang des Verfahrens 1 zeigt, daß hierbei ein Fehler nicht gemacht wird. B erhält allerdings einen anderen Wert und wird gleich B1.

Die jährlichen Mehrkosten errechnen sich dann aus der einfachen Beziehung $M_o = B_1\left(\frac{1}{z.l} - \frac{1}{l}\right)$.

Nach obigem Zahlenbeispiel ist für 1 m Oberbau $B_1 = 30 + 6 = 36$ ℳ und die jährlichen Mehrkosten M_o sind $36\left(\frac{1}{16} - \frac{1}{20}\right) = 36 \times 0{,}0125 = 0{,}45$ ℳ/m $= 450$ ℳ/km-Gleis gegenüber 420 ℳ der genauen Rechnung.

Folgende Zusammenstellung soll noch bestätigen, daß bei nicht zu großem l (l = höchstens 20 Jahre) der Fehler wirklich gering ist. Man braucht nur die Ausdrücke $\left(\frac{p-1}{p^{zl}-1} - \frac{p-1}{p^l-1}\right)$ und $\left(\frac{1}{zl} - \frac{1}{l}\right)$ zu vergleichen, da im übrigen die Formeln gleich sind.

Wenn $r = 7\%$, also $p = 1{,}07$, so ist

bei l = 20 und zl = 16 Jahren	a)	$\frac{p-1}{p^{zl}-1} - \frac{p-1}{p^l-1}$	= 0,012
	b)	$\frac{1}{zl} - \frac{1}{l}$	= 0,013
„ l = 20 „ zl = 15 „	a)	wie vor	= 0,016
	b)	„ „	= 0,017
„ l = 20 „ zl = 10 „	a)	„ „	= 0,048
	b)	„ „	= 0,050
„ l = 20 „ zl = 5 „	a)	„ „	= 0,149
	b)	„ „	= 0,150
„ l = 15 „ zl = 10 „	a)	„ „	= 0,032
	b)	„ „	= 0,033
„ l = 15 „ zl = 5 „	a)	„ „	= 0,134
	b)	„ „	= 0,133
„ l = 10 „ zl = 6 „	a)	„ „	= 0,067
	b)	„ „	= 0,067
„ l = 5 „ zl = 3 „	a)	„ „	= 0,137
	b)	„ „	= 0,133

Man sieht, daß die Unterschiede unerheblich sind.

Erwähnt sei noch, daß sich an der vorstehend durchgeführten Rechnung dieses Sonderfalles nichts ändert, wenn es sich um eine ausgesprochene Neuanlage handelt (Fall II), bei der das eigentliche Anlagekapital getilgt und verzinst werden muß.

Setzt man nämlich bei den nunmehr anzuwendenden Verfahren 5 und 6 in den Ausdrücken für M_0 die Erneuerungswerte $B_{(n)} = B_{(m)} = B$, und so erhält man

bei der Rechnungsweise 5: $M_0 = B\left(\frac{1}{z\,l} - \frac{1}{l} + \alpha_m - \alpha_n\right)$ und

bei der Rechnungsweise 6: $M_0 = B\left(\frac{p-1}{p^{z\,l}-1} - \frac{p-1}{p^l-1} + \alpha_m - \alpha_n\right)$.

Das sind die gleichen Ausdrücke, wie sie sich bei Anwendung der Verfahren 1 und 2 ergeben, so daß die Rechnung dieselbe bleibt.

Zugwiderstände und Fahrzeitberechnung *).

Von Regierungs- und Baurat **F. Czygan**, Hannover.

Bei einem sich im Gleise bewegenden Eisenbahnzug müssen durch die Zugkraft der Lokomotive die dem Zuge entgegentretenden Widerstände überwunden werden; diese bilden daher die Hauptgrundlage aller unserer den Zuglauf betreffenden Berechnungen und haben deshalb schon in den ersten Jahren der Eisenbahn die Aufmerksamkeit der Eisenbahningenieure in Anspruch genommen.

Für den Widerstand der Bewegung in der wagrechten geraden Linie gibt der österreichische Professor Gostkowski in seinem im Jahre 1891 erschienenen Werk: „Die Mechanik des Zugs-Verkehrs" eine Zusammenstellung von nicht weniger als 35 verschiedenen Formeln, die sich alle auf alte mehr oder weniger sorgfältig ausgeführte Versuche stützen, und von denen keine als unrichtig bezeichnet werden kann. Unter den älteren Formeln sind die von Frank, Vuillemin, Diendonne und Guebhard und von Clark die wichtigsten. In der ersten Hälfte der neunziger Jahre wurden mit einer bayrischen 2/4 gekuppelten Schnellzug-Verbundlokomotive Versuche gemacht, aus denen die Erfurter Formel

$$w = \frac{W}{G} = \left(2{,}4 + \frac{V^2}{1300}\right)$$

hervorging, welche, ebenso wie die von Frank und Clark heute noch vielfach verwendet wird. Im Jahre 1913 hat dann Strahl die Rechnungswerte der Formel von Frank verbessert und auch nach Zuggattungen und Windstärken getrennt**). Die heute noch zur Berechnung der Widerstände verwendeten Formeln liefern sehr verschiedene Ergebnisse. Es ist z. B. der Widerstand für eine Tonne des Zuggewichtes bei einer mittleren Geschwindigkeit von 60 km/Std. nach der Erfurter Formel

$$w = 2{,}4 + \frac{60^2}{1300} = 5{,}17 \text{ kg.}$$

Nach der von Strahl für Schnellzüge aufgestellten Formel, nach der heute die s/V Diagramme vorwiegend aufgestellt werden, ist

$$w = 2{,}5 + \frac{1}{40}\left(\frac{60}{10}\right)^2 = 3{,}4 \text{ kg.}$$

Bei dem Gewicht eines Schnellzuges von 400 t wird also der gesamte Widerstand einmal mit W = 2068, ein anderes Mal mit W = 1360 kg in Rechnung gestellt. Man wird zugeben müssen, daß in diesem sehr wichtigen Punkt erhebliche Unsicherheiten bestehen.

Der Widerstand in Krümmungen wird noch jetzt allgemein nach der alten Formel v. Roeckls: $W = \frac{650{,}4}{R - 55}$ ermittelt.

Wenn nun auch eine einzige Widerstandsformel als die beste erkannt und amtlich eingeführt würde, so könnte man doch aus schwerwiegenden Gründen zu keiner dieser alten Formeln volles Vertrauen fassen. Seit dem Beginn der achtziger Jahre — und auch noch nach dem Jahre 1913 — haben sich durch den neuen Reichsoberbau K, dessen Einbau in neuerer Zeit außerordentlich gefördert wird, die Verhältnisse unseres Eisenbahngleises so gründlich geändert, daß die Ergebnisse der vor nahezu 50 Jahren durch Frank, v. Roeckl u. a. angestellten Versuche trotz ihrer dankenswerten Gründlichkeit heute keinesfalls mehr maßgebend sein können. Die Versuchszüge von Frank liefen in den Jahren 1879 und 1880 auf Schienen, deren Gewicht etwa 38 kg f. d. m betrug, und die auf Schwellen mit einem Abstande von nahezu 90 cm lagen. Die Bettung bestand damals aus Kies, dessen Widerstandsfähigkeit nach einer etwas längeren Liegezeit nicht bedeutend ist. Die Schienen bogen sich daher unter den schweren Lasten der Lokomotivräder sehr merklich durch, und eine solche Versuchsfahrt war — mathematisch gedacht — eine Fahrt über Berg und Tal, die naturgemäß erheblich größere Widerstände bietet, als eine Fahrt auf glatter ebener Bahn. Heute fahren unsere Züge auf Schienen, die ein Gewicht von 49 kg haben und auf Schwellen in einer Entfernung von 65 cm liegen. Unsere Bettung besteht aus ganz fest gewalztem oder gestampftem Steinschlag, dessen Widerstandsfähigkeit sehr viel größer ist, als die des alten Kieses. Von einer Durchbiegung der Schienen kann deshalb trotz der vergrößerten Radlasten wohl kaum noch die Rede sein.

Einen sehr bedeutenden Anteil an den Widerständen liefern die Schienenstöße, insbesondere die früher allein üblichen schwebenden Stöße. Hier biegt sich am Stoße die abgebende Schiene nach unten, die Räder stoßen gegen die empfangende Schiene und geben harte Schläge, die wir bei Eisenbahnfahrten in früheren Jahren oft genug sehr unangenehm wahrgenommen haben und jetzt bei einer Fahrt über den neuen Reichsoberbau auf den ruhenden Stößen kaum noch empfinden. Im Jahre 1880 hatten die Schienen eine Länge von 6,6 bis 9 m, die dann später auf 12 m vergrößert wurde. Heute sind die Schienen 18 m — z. T. sogar 30 m — lang, und es war daher z. Z. der Versuchsfahrten die Zahl der schädlichen Schienenstöße im Mittel doppelt so groß als jetzt.

Die Achsen unserer Eisenbahnwagen werden neuerdings mit Walzenpendellagern versehen, wodurch die Achsreibung, insbesondere bei langen Güterzügen, sehr erheblich vermindert wird.

Auch die Wirkungen zwischen dem rollenden Rade und der Schiene sind jetzt ganz andere geworden. Die Wölbung des Schienenkopfes der leichten Form 6b nutzte sich sehr bald stark ab, wodurch die Stützfläche des Rades auf der Schiene größer wurde, und die Widerstände der rollenden Reibung sich vermehrten. Der neue Oberbau ist sehr viel widerstandsfähiger; auch lassen wir es jetzt zu einer so starken Abnutzung wie früher nicht mehr kommen.

Für die Berechnung der Fahrzeiten sind seit den neunziger Jahren 16 einzelne Verfahren veröffentlicht worden. Sie gehen z. T. von grundsätzlich verschiedenen Gesichtspunkten aus, und es ist daher leicht verständlich, daß sie mehr oder minder stark voneinander abweichende Ergebnisse liefern. Der Betriebstechniker, der einen Fahrplan aufstellen muß, nach dem die Züge wirklich fahren sollen, braucht dazu aber ein Rüstzeug, welches von allen das beste und zuverlässigste ist. Vor allem aber muß ein solches Rüstzeug einheitlich

*) Wir veröffentlichen diesen Aufsatz, weil er uns bemerkenswerte Anregungen zu enthalten scheint. Mit manchen Ausführungen können wir uns allerdings nicht einverstanden erklären. D. Schriftl.

**) Siehe: Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1913, Seite 826 und Glasers Annalen 1913, S. 124.

im ganzen Reiche angewendet werden, da wir viele Zugverbindungen haben, die das ganze deutsche Eisenbahnnetz nach jeder Richtung durchqueren, und wir entschieden unwirtschaftlich handeln, wenn jede Verwaltung und jede Direktion die Fahrzeiten auf ihre eigene Art berechnet. Für eine zweckmäßige Wahl dieses Rüstzeuges müssen wir die verschiedenen Verfahren wenigstens in den Hauptgruppen einer sorgfältigen Prüfung unterziehen.

Die neueren Verfahren kennzeichnen sich dadurch, daß sie den allmählichen Übergang der Geschwindigkeiten berücksichtigen und dazu die Beschleunigung p in die Rechnung einführen*).

Die Aufgabe wurde vorzugsweise auf zeichnerischem Wege zu lösen versucht. Aus diesen Lösungen sind neuerdings die fünf Verfahren von Unrein, Mueller, Strahl, Velte und Caesar herausgehoben worden, und es ist den Reichsbahndirektionen überlassen, eines der genannten Verfahren für ihren Bezirk bei Neuberechnungen einzuführen. Wie schon vorhin angedeutet wurde, muß es als zweckmäßiger — und auch wirtschaftlicher — erscheinen, dem jetzt überall in erfreulicher Weise nachgestrebten Einheitsgedanken auch hier dadurch Ausdruck zu geben, daß man nicht fünf verschiedene Verfahren zuläßt, sondern nach sorgfältiger Prüfung eines davon als amtliche Regel aufstellt. Anscheinend wird sich dieser wünschenswerte Zustand dadurch von selbst herstellen, daß man das Verfahren von Unrein allgemein als das einfachste und zweckmäßigste den andern vorzieht.

Wir müssen uns zunächst darüber klar werden daß jedes zeichnerische Verfahren eine Menge von Fehlerquellen enthält, die auch bei sorgfältigster und geschicktester Handhabung nicht zu vermeiden sind, und die dann besonders schädlich werden, wenn sie sich summieren oder wenn schon der erste Fehler den ganzen folgenden Verlauf der zu zeichnenden Linie beeinflußt.

Für die kurze 14,5 km lange Strecke mit nur drei Gefällwechseln, die uns später als Beispiel dienen wird, müssen nach dem Verfahren von Unrein für die Darstellung der Geschwindigkeitswegelinie 21 Punkte ermittelt werden. Hierzu dient das auf Pauspapier gezeichnete S/V-Diagramm, das für eine gegebene Lokomotive und eine bestimmte Zuglast die Geschwindigkeit angibt, mit der die Last auf den verschiedenen Neigungen dauernd bewegt werden kann. Es muß also für jede Lokomotivgattung und für eine große Zahl von Zuggewichten je ein solches Diagramm vorhanden sein. Bei Personen- und Schnellzügen sind die Zuggewichte im allgemeinen nicht sehr verschieden. Bei den Güterzügen weichen nicht nur die Gewichte der verschiedenen Züge erheblich voneinander ab, sondern auch ein und derselbe Zug, der im Fahrplan unter einer bestimmten Nummer geht, hat oft an einem Tage eine ganz andere Stärke als am vorhergehenden. Man ist daher gezwungen, irgend ein Durchschnittsgewicht anzunehmen und wählt dasselbe meistens nicht weit vom Höchstgewicht**). Ist nun das wirkliche Gewicht des Zuges erheblich niedriger, als das angenommene, so könnte er schneller fahren; da er aber möglichst in dem einmal festgesetzten Fahrplan bleiben muß, wird die Zugkraft der Lokomotive nicht genügend ausgenutzt. Ist das wirkliche Gewicht höher, als das angenommene, so muß man es dem Lokomotivführer überlassen, herauszuholen, was eben möglich ist. In beiden Fällen, — welche die Regel bilden, — ist die mit vieler Mühe gezeichnete Geschwindigkeitswegelinie nur ein Schaubild, welches wohl den ungefähren Verlauf der Fahrt erkennen läßt, mit der Wirklichkeit aber nicht übereinstimmt. —

Zunächst wird der sogenannte „Ausschwingewinkel" berechnet und auf der Diagrammpause mit seiner Mittellinie genau wagrecht aufgetragen. Die so fertiggestellte Diagrammpause muß nun mit einem der Streckenneigung entsprechenden Punkt nacheinander auf alle Punkte der zu zeichnenden Geschwindigkeitswegelinie und auf je einen Punkt der Wegeachse aufgelegt, mit einer Nadel festgehalten und einmal nach links und einmal nach rechts so gedreht werden, daß erst der eine und dann der andere Schenkel des Ausschwingewinkels gleichlaufend mit der Wegeachse liegt. Bei dem vorerwähnten sehr einfachen Beispiel muß also das Diagramm 42mal umgesetzt und 42mal gedreht werden. Wird der Winkel nicht ganz richtig aufgetragen, oder werden seine Schenkel nicht genau in die rechte Lage gebracht, so erhält man einen unrichtigen, oder wenigstens ungenauen Punkt der Geschwindigkeitswegelinie. Sodann wird der Zeitwinkel in genauer Aufeinanderfolge längs der ganzen Linie aufgelegt, um die vollen Minuten zu bestimmen, und schließlich werden die Stationen bzw. die Gefällwechsel mit dem Meßkeil noch genauer eingemessen.

Bei dem Verfahren des Dr. Ing. Velte werden mehrere Pole angenommen und es muß zu deren Polstrahlen eine große Zahl von Parallelen gezogen werden, was auch der gewandteste Zeichner auf dem Zeichenbrett niemals ganz fehlerlos ausführen kann. Außerdem müssen die Winkel, welche die einzelnen Stücke der Geschwindigkeitszeitlinie mit der wagrechten Achse bilden, mit einem besonderen Werkzeug gemessen und in die Zeichnung übertragen werden.

Wenn auch die erwähnten fehlerhaften Ausschläge an sich nur gering sind, so pflanzen sie sich doch auf die ganze zu zeichnende Linie fort; auch ist zu berücksichtigen, daß in den kleinen Maßstäben, die wir für unsere Zeichnung wählen müssen, 1 mm schon einen bedeutenden Wert darstellt. Jedenfalls werden wir nur zu einem Verfahren volles Vertrauen fassen können, das keine so große Zahl von Fehlerquellen enthält, wie die vorgenannten, sondern durchweg auf mathematischen Grundlagen beruht, gegen die es einen Einwand nicht gibt.

Unter den rechnerischen Verfahren ist das von Dr. Ing. Gaede aufgestellte das neueste und klarste. Für den hier zu ziehenden Vergleich können nur die Hauptgrundsätze angeführt werden; eine genaue Darstellung des Verfahrens ist im Archiv für Eisenbahnwesen 1921 Heft 1 veröffentlicht.

Dr. Gaede benutzt für die Widerstände die Formel von Frank:

$$7^*) \quad W = \left[a + b\left(\frac{V}{10}\right)^2\right]\frac{G}{1000} \text{ in Tonnen und}$$

$$b = \frac{b_1 \cdot L + b_2\, Q}{G}.$$

Hierin ist $a = 2{,}5$; $b_1 = 0{,}067$ und b_2 ein von der Beschaffenheit der Wagen abhängiger Beiwert, der zwischen 0,025 bei vierachsigen Schnellzugswagen und etwa 0,14 bei leeren offenen Güterwagen liegt. L ist das Gewicht der Lokomotive mit Tender in t, Q das Gewicht des Zuges ohne Lokomotive mit Tender und G das Gewicht des ganzen Zuges.

Für die beschleunigende Kraft stellt Gaede aus der über der Geschwindigkeitslinie gezeichneten Lokomotivzugkraft und der aus der obigen Widerstandsformel folgenden Widerstandskraft (für ein bestimmtes Zuggewicht) ein Diagramm auf, dessen Linie er zur Ermöglichung der rechnerischen Behandlung durch zwei Gerade (für den Bereich der Zugkraft aus der Reibungsgrenze und aus der Kesselleistung)

*) Siehe: Dr. Ing. W. Mueller, „Die Entwicklung der Fahrzeitberechnung der Personen- und Güterzüge." Verkehrstechnische Woche 1921, Seite 215.

**) Für Durchgangsgüterzüge der Strecke Hamm—Berlin werden z. B. 1600 t, für diejenigen von Berlin nach Hamm 1400 t angenommen. Für weniger verkehrsreiche Straßen wählt man 1200 t.

*) Der besseren Übersicht wegen werden hier die Formeln mit denselben Nummern bezeichnet, die Dr. Gaede ihnen in seiner Abhandlung gibt.



ersetzt. Dementsprechend muß auch bei der rechnerischen Auswertung zwischen diesen beiden Fällen unterschieden werden (vergl. Abb. 1, V' ist die Grenzgeschwindigkeit zwischen den beiden Gebieten bei der mit der Zugkraft aus der Reibung die Kesselleistung erreicht ist, V_i und V'' die Beharrungsgeschwindigkeit, Beschleunigung = O). Fährt der Zug auf einer Steigung oder im Gefälle i, so ist die Beschleunigung für die t Zuggewicht um i größer oder kleiner (bildlich durch Eintragen paralleler Linien zur Abszissenachse im Schaubild zu berücksichtigen). Für die Anfahrperiode, wo

$Z_0 = Rf$ (Reibungsgewicht R, Reibungsziffer $f = \frac{1}{7}$) unveränderlich, somit auch p_{oo} und P_{oi} (Beschleunigung für V = o und Wagrechte oder Steigung) ergibt sich dann die Zeit bis zur Erreichung der Geschwindigkeit V':

$$t = \frac{V'}{p_{oo}} \text{ bzw. } \frac{V}{p_{oi}}.$$

Wenn man die in kreisende Bewegung zu setzenden Massen mit 8 % berücksichtigt, so ist die ganze Masse $M = \frac{G \,.\, 1{,}08}{9{,}81} = \frac{G}{9{,}08}$.

Dieses sind die einfachen Grundlagen für den ersten Streckenabschnitt; für die folgenden wird dann die Anfangs- und Endgeschwindigkeit jedes Abschnittes in die Rechnung eingeführt und weiterhin auch das Absteigen der Beschleunigungslinie berücksichtigt. Gaede stellt für diesen Abschnitt die Zeitdauer dar durch diejenige Zeit t, die erforderlich wäre, wenn die Teilstrecke (s) mit der ihrer Neigung entsprechenden Beharrungsgeschwindigkeit V' durchlaufen würde und aus einem Zuschlag, der dem Verlust infolge der tatsächlichen vorhandenen geringeren Geschwindigkeit entspricht:

42) . . . . $t = t + \Delta t\,(1 - m)$.

Darin ist

43) . . . . $t = \frac{s}{V_i}$

44) . . . . $\Delta t = \frac{(V_i - V_1)\,(V_i - V_1')}{V_i \,.\, p_o}$

45) . . . . $m = e^{-p_o t / V_i - V_i'}$.

Der Wert m wird mit Hilfe einer dafür aufgestellten Tafel berechnet, indem man das darin noch unbekannte t zunächst schätzungsweise annimmt und dann die Rechnung wiederholt.

Diese Berechnung ist sehr umständlich, behält aber gegenüber den zeichnerischen Verfahren den Vorzug, daß sie für jedes Zuggewicht und für jede Lokomotive ohne weiteres durchgeführt werden kann, daß sie auf festen mathematischen Grundlagen beruht und, wenn sie mit der nötigen Sorgfalt behandelt wird, frei von allen Fehlerquellen ist.

Man kann sich nun aber die Arbeit mehrfach unbedenklich erleichtern, wenn man berücksichtigt, daß der absteigende Zweig der Beschleunigungslinie (s. Abb. 1) nur bei hohen Geschwindigkeiten bedeutende Abweichungen ergibt, und wenn man demgemäß auch im zweiten Abschnitt die Streckenteile mit geringeren oder mittleren Geschwindigkeiten nach der einfachen Art wie sie von Gaede in der Anfahrperiode angenommen wird berechnet, indem man die von Dr. Gaede aufgestellte Gleichung:

22) . . . . . . $t = \frac{V_1}{p_{o,\,i}} + \sqrt{\frac{2s}{p_{o,\,i}} + \left(\frac{V_1}{p_{o,\,i}}\right)^2}$

benutzt, das würde bedeuten, daß stets mit der der Geschwindigkeit o entsprechenden höchsten Zugkraft der Lokomotive gerechnet wird. Die Schriftleitung.

In dem nachstehend behandelten Beispiel findet Dr. Gaede für den Streckenabschnitt 2 die Fahrzeit t = 150 Sek. und ür den Abschnitt 3: t = 191 Sek. Aus der vorstehenden Gleichung 22) ergeben sich für dieselben Abschnitte die Fahrzeiten t = 148 Sek. und t = 178 Sek., also nur bei letzterem die geringe Abweichung von 13 Sek., die, wie wir später sehen werden, unbedenklich ist.

Dr. Gaede hat im Archiv 1921, S. 68 bis 70 nach seinem Verfahren ein Beispiel mit folgenden Grundlagen durchgerechnet: Schnellzuglokomotive preußischer Gattung S. 6 Tender 4 T . 21,5, 9 D-Zugwagen. Gewicht der Lokomotive L' = 61 t, Gewicht des Tenders T = 50, Gewicht der Wagen Q = 9 × 40 t = 360 t, das ganze Zuggewicht G = 61 + 50 + 360 = = 471 rund = 470 t.

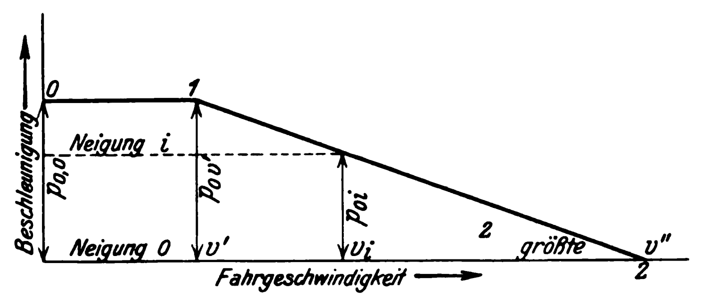


Abb. 1.

Schaubild für die von der Geschwindigkeit abhängigen möglichen Beschleunigungen.

0 bis 1 Bereich unveränderlicher Lokomotivzugkraft aus der Reibungsgrenze,

1 bis 2 Bereich der durch die Kesselleistung begrenzten Beschleunigungen,

V'' V_i Beharrungsgeschwindigkeiten für Wagrechte und Neigung i, V' Grenzgeschwindigkeit zwischen beiden Bereichen.

Streckenabschnitt 1:	300 m	lang,	steigend	2,5 ‰
„ 2:	1200 m	„	„	4 ‰
„ 3:	3000 m	„	1 : ∞	
„ 4:	10000 m	„	fallend	2 ‰.

Für das Verfahren von Unrein konnte die alte Lokomotive S. 6 nicht beibehalten werden, da dieselbe kaum noch im Betriebe ist und daher s/V-Diagramme dafür nicht vorhanden sind. Es wurde die ihr zunächst stehende Lokomotive P. 8 gewählt. Dieselbe ist etwas stärker und wurde deshalb das Zuggewicht von 470 auf 500 t erhöht. Hiermit wurde die auf Abb. 2 dargestellte Geschwindigkeitswegelinie genau aufgetragen.

Fahrzeit in Sekunden auf Streckenabschnitt Nr.	1	2	3	4	Ganze Strecke
Nach Unrein	75	140	195	420	830
Nach Dr. Gaede	110	150	191	406	857

Aus der vorstehenden Zusammenstellung ist zu ersehen, daß die nach Unrein und Gaede ermittelten Fahrzeiten z. T. nicht unerheblich voneinander abweichen*). Das kann hier nicht daran liegen, daß wir für das Verfahren von Unrein eine etwas stärkere Lokomotive mit einer dementsprechend vergrößerten Zuglast wählen mußten, weil die daraus hervorgegangenen Größen bald niedriger bald höher sind, als die von Gaede. Bei näherer Prüfung der zahlreichen heute noch als richtig anerkannten und zur Berechnung der Fahrzeiten

*) Die Verschiedenheit erklärt sich wohl daraus, daß erstens zwei ihrer Art nach ganz verschiedene Lokomotiven verglichen wurden und zweitens, daß als Grundlage für sämtliche zeichnerische Verfahren das genaue s/V-Diagramm, für die Untersuchungen Gaedes aber ein der rechnerischen Behandlung zugängliches Ersatzschaubild dient. Bei der vom Verfasser vorgenommenen weiteren Vereinfachung wird überhaupt nur ein Zugkraftwert der Lokomotive und zwar der größte benützt.

Die Schriftleitung.

benutzten Verfahren wird man finden, daß alle mehr oder weniger voneinander verschiedene Ergebnisse liefern.

Es wird gewiß niemand die wissenschaftliche Leistung, die in diesem Verfahren enthalten ist, verkennen; heute, wo nächst der Betriebssicherheit die Wirtschaftlichkeit unseres Eisenbahnbetriebes als oberster Grundsatz gilt, müssen wir uns aber fragen, ob es richtig ist, so viel kostbare Zeit und Arbeitskraft*) an eine Aufgabe zu wenden, die so viele verschiedene Lösungen zuläßt, von denen wir schon im voraus wissen, daß keine derselben der Wirklichkeit entspricht, vielmehr unter Umständen weit davon abweicht.

Jeder Lokomotivführer weiß, daß die Fahrt eines und desselben Eisenbahnzuges ganz anders verläuft, wenn die Schienen trocken sind, als wenn sie naß oder gar mit Reif oder Schnee bedeckt sind. Es ist auch bekannt, daß unsere Lokomotiven, wenn sie schon längere Zeit im Dienst sind, an zahlreichen Krankheiten leiden, welche ihre Zugkraft und damit auch die Zugfahrt sehr wesentlich beeinflussen.

Ferner kann eine Zugfahrt durch ungünstigen Wind sehr verzögert werden. Wie schon früher kurz erwähnt wurde, gibt Strahl, wenigstens für Eil- und Schnellzüge sowie für schwere Güterzüge, eine Widerstandsformel für Windstille und eine für starken Seitenwind und berechnet dann nach der ersteren die **kürzeste Fahrzeit** und nach der letzteren die **regelmäßige Fahrzeit****). Bei den übrigen Verfahren wird nach der neuesten Verfügung der Hauptverwaltung die **planmäßige Fahrzeit** dadurch bestimmt, daß zu der durch Rechnung oder Zeichnung ermittelten Fahrzeit Zuschläge gemacht werden und zwar für FD-Züge 4%, für D-Züge 7%, für Eilgüter-, beschleunigte und gewöhnliche Personenzüge 10%. Die kürzeste Fahrzeit wird dann nach der (B. O.) bestimmt. Ob diese Zuschläge angemessen sind, kann nur die Erfahrung lehren. Die hiernach auf diesem Gebiete herrschende große Unsicherheit sollte doch dahin führen, zur Berechnung der Fahrzeit nur das allereinfachste Verfahren zu benutzen, vor allem aber, wie schon früher angedeutet wurde, **ein einziges** solches Verfahren einheitlich im ganzen Reiche anzuwenden.

*) Bei einzelnen Reichsbahndirektionen sind drei Beamte etwa $^3/_4$ des Jahres hindurch nur mit diesen Ermittlungen beschäftigt.

) Siehe: **Glasers Annalen 1913, Band 73, Seite 86 u. f.

Wenn wir nun einen Blick in die Zukunft werfen, so tritt vor allem der dringende Wunsch in den Vordergrund, daß jetzt nach einem halben Jahrhundert erneut Versuche ausgeführt werden mögen, welche der in jüngster Zeit vorgenommenen gründlichen Umgestaltung unseres Oberbaues gebührend Rechnung tragen. Auch im Lokomotivbau stehen wir gegenwärtig an der Wende eines neuen Zeitabschnittes. Als die Ländereisenbahnen an das Reich übergingen, betrug die Zahl der übernommenen Lokomotivgattungen nicht weniger als 210. Durch die neue Vereinheitlichung soll diese Zahl auf 14 herabgemindert werden. Außerdem ist bei diesen 14 Gattungen noch möglichste Einheitlichkeit der Bau- und Ausrüstungsteile angestrebt, um die Herstellungs- und Unterhaltungskosten durch Austauschbau auf ein geringstes Maß herabzumindern. Es ist nicht gut denkbar, daß für alle diese durchgreifend geänderten Verhältnisse die alten Formeln und Versuche auch nur annähernd richtige Ergebnisse liefern können.

Hierbei liegt nun der Gedanke nicht ferne, warum wir erst durch Versuche die Widerstände ermitteln, um dann mit vieler Mühe die Geschwindigkeiten und Fahrzeiten auszurechnen, da es doch möglich sein muß, unmittelbar durch Versuche festzustellen, mit welcher Geschwindigkeit eine Lokomotivgattung verschiedene Lasten auf den einzelnen Neigungen der Bahn bewegen kann, ohne übermäßig angestrengt zu werden, oder zu viel Kohlen zu verbrauchen. Es würde sich dabei nicht einmal um eigentliche **Versuche** handeln, sondern nur um planmäßig eingerichtete **Aufschreibungen** aus dem Betriebe, wie wir sie auch zu anderen Zwecken vielfach machen. Die Zahl dieser Aufschreibungen müßte allerdings eine große sein, würde aber die Zugführer gewiß nicht übermäßig belasten und würde sich durch unser sehr zweckmäßiges Lochkartenverfahren mit geringer Arbeit sehr nützlich verwerten lassen. Bei den früheren 210 Lokomotivgattungen war ein solches Verfahren nicht gut durchführbar; bei den künftigen 14 Gattungen ist es aber sehr wohl möglich. Wir könnten dann hiermit ein neues „**Merkbuch für die Fahrzeuge der Reichsbahn**" anlegen, ähnlich dem, das wir jetzt besitzen, aus dem wir dann alle für die Festsetzung der Fahrzeit nötigen Angaben ohne Rechnung oder Zeichnung mühelos entnehmen könnten.

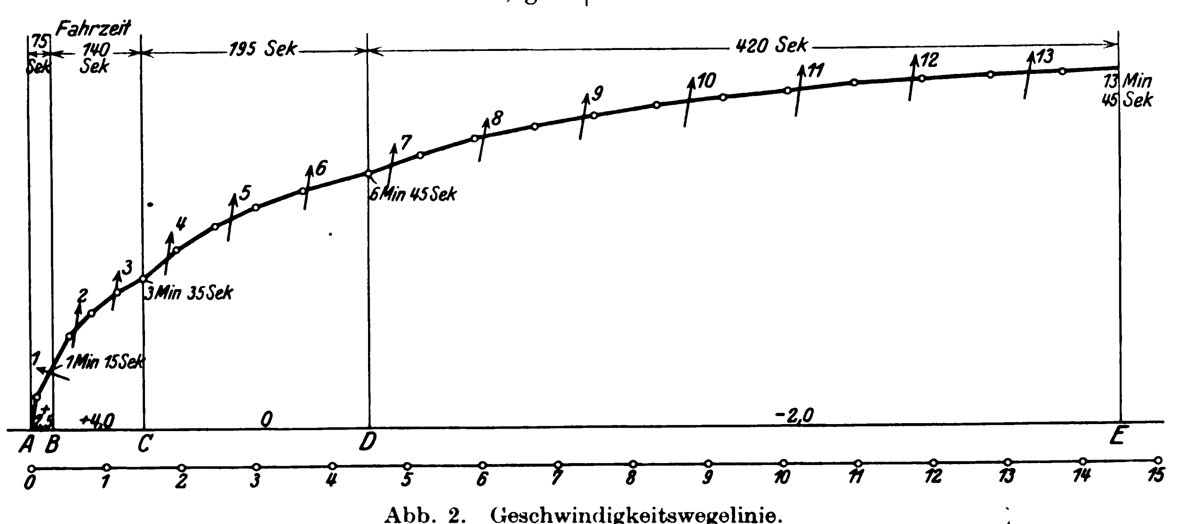


Abb. 2. Geschwindigkeitswegelinie.

Zeichnerisches Verfahren zur Erstellung von Geschwindigkeits-(s, V-)Diagrammen der Dampflokomotiven.

Von Ing. Dr. techn. **Konrad Koref,** Košice.

Hierzu Tafel 4.

Zur Berechnung der Fahrzeiten für ein gegebenes Gewicht des Wagenzugs verwendet man das s, V-Diagramm, d. i. die Darstellung der zusammengehörigen Geschwindigkeiten V (km/h) und Steigungen s in $^0/_{00}$ für dieses Wagengewicht.

Die bisherige Art der Gewinnung dieses Diagrammes erfordert die Berechnung der sog. „Leistungscharakteristik" bei der größten Dauerleistung des Kessels, die Bestimmung der indizierten Zugkräfte und aus diesen, durch Abzug des Widerstandes von Lokomotive und Tender, die Errechnung der Zugkräfte am Tenderzughaken in der wagrechten Bahn (Z_{eo}), sämtliche Größen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit. Diese Rechnungen werden nach dem Strahlschen Verfahren durchgeführt; allerdings ergibt die Strahlsche Theorie zu günstige Leistungen, da sie mit zu kleinem Dampfverbrauch für die indizierten PS/Std. rechnet; sie benützt eine analytische Formel für die Charakteristik als Funktion der Geschwindigkeit. Das in Heft 8 des Jahrg. 1927 dieser Zeitschrift veröffentlichte Verfahren liefert auf zeichnerischem Wege mit den Ergebnissen der bekannten neuesten Versuche (Prof. Nordmann) gut übereinstimmende Werte.

Hat man die Z_{eo} für einige Geschwindigkeiten auf eine dieser Arten berechnet, so wird aus der Beziehung

$$G_w = \frac{Z_{eo} - G_l \cdot s}{w + s}$$

eine Reihe von Belastungen G_w in Tonnen einerseits für die gewählten Geschwindigkeiten, andrerseits für verschiedene Steigungen berechnet und zeichnerisch dargestellt. Hierin ist G_l das Gewicht der Lokomotive samt Tender in Tonnen, s die Steigung in $^0/_{00}$ und w der Widerstand der Wagen in kg/t in der Horizontalen.

Die langwierige Rechnung kann sehr abgekürzt werden, wenn man nur für die Steigungen 0, 2, 5, 10, 20, 30$^0/_{00}$ und für die Geschwindigkeiten 10 oder 20 km/h, die charakteristische Geschwindigkeit und für zwei bis drei höhere Geschwindigkeiten die G_w berechnet und zur zeichnerischen Darstellung dann zwei Diagramme verwendet, und zwar ein V, G- und ein s, G-Diagramm. Zeichnet man V, G im I. Quadranten, s, G im II. Quadranten, wobei die G auf die gemeinsame y-Achse aufgetragen werden, so erhält man die s, V-Diagramme im Quadranten III. Die Nebeneinanderzeichnung von V, G und s, G ermöglicht auch eine genaue Zwischenschaltung für nicht berechnete und gelegentlich gebrauchte V oder s. (Siehe Abb. 1, Taf. 4).

Die Rechnungen, welche von den Z_{eo} zu den s, V-Diagrammen führen, können nun durch ein zeichnerisches Verfahren ersetzt werden.

Das zeichnerische Verfahren besteht in der Darstellung des Verhältnisses:

$$G_w : 1 = (Z_{eo} - G_l \cdot s) : (w + s).$$

Man entwirft ein rechtwinkliges Achsenkreuz mit den gleichmäßigen Teilungen für die Z_e und G_w auf der positiven, für V auf der negativen Ordinatenachse, ferner die Teilung der w auf der positiven Abszissenachse mit Benützung der Kurven $w_o = 2{,}5 + \frac{(V+12)^2}{y}$ nach Strahl, worin für Schnellzüge y=4000, für Personenzüge y=3000 und für Güterzüge y=2000 ist.

In dieses Achsenkreuz tragen wir nun die aus der Leistungscharakteristik errechneten Z_{eo}-Werte auf die Ordinaten in den, mit den zugehörigen V-Werten bezeichneten, w-Punkten auf.

Wählen wir die Maßstäbe:

G_w	10 mm = 100 t
Z_e	10 mm = 500 kg
w	10 mm = 1 kg/t
(s	10 mm = 1$^0/_{00}$ = 1 kg/t)
V	10 mm = 10 km/h

so wird die Poldistanz $\overline{P.O}$ gleich 50 mm — 1.

Die Punkte der „verzerrten" Zugkraftkurve Z_{eo} werden mit dem Ursprung O verbunden und zu diesen Strahlen durch den Pol P die parallelen Strahlen gezogen. Wir erhalten so auf der positiven Ordinatenachse die Belastungen in der Wagrechten (s = o$^0/_{00}$) nach der Gl. G_w: $1 = Z_{eo} : w$. Durch Übertragen dieser Werte auf die w = Ordinaten ergibt sich die (verzerrte) Belastungskurve für s = 0$^0/_{00}$ $G_o = f$ (w).

Zeichnen wir für ein beliebiges s$^0/_{00}$ die Kurve Z_{es} auf die gleichen w-Ordinaten und tragen links vom Ursprung s in $^0/_{00}$ an, so ist die gleiche Konstruktion anzuwenden, nur tritt an Stelle des Ursprungs der Punkt — s$^0/_{00}$ (nach der allgemeinen Gleichung).

Die verzerrten Belastungskurven sind im Bedarfsfalle in maßstäbliche Ordinaten zu übertragen.

Dieses Verfahren eignet sich auch zum Aufsuchen beliebiger Zwischenwerte; man findet zu zweien der drei Veränderlichen V, G und s die gesuchte dritte.

Zum Ermitteln der Fahrzeiten brauchen wir aber nur das (s, V)-Diagramm für ein gegebenes G_w. Durch eine kleine Änderung in der Zeichnung (Abb. 2, Taf. 4) ist eine unmittelbare Bestimmung des (s, V)-Diagrammes, aus Z_{eo} möglich ohne die Zwischendiagramme (V, G) und (s, G).

Wenn wir uns von jedem w ab eine gewisse Steigung s, z. B. 10$^0/_{00}$, rechts antragen und auf der Ordinate in (w+s) dann $Z_{eo} - G_l.s = Z_{es}$ auftragen, so sehen wir, daß die Endpunkte der den verschiedenen Steigungen entsprechenden Z_{es}-Ordinaten für gleiche Geschwindigkeit auf einer Geraden durch Z_{eo} liegen, und alle Z_{es} Geraden für die verschiedenen Geschwindigkeiten untereinander parallel sein müssen. Die Verhältnisdreiecke haben nun einfach eine horizontale Verschiebung um s$^0/_{00}$ erhalten; sonst ist alles unverändert.

Nun schneidet aber für ein bestimmtes Wagengewicht G_w eine zu dem betreffenden Polstrahl $\overline{PG_w}$ durch den Koordinatenanfangspunkt parallel gezogene Gerade auf dem vorerwähnten Z_{es} Liniensystem Punkte ab, deren Abszissen die zur Geschwindigkeit V der betreffenden Z_{es} Linie gehörige Steigung s ergeben, so daß man zusammengehörige Werte V, s für das angenommene Wagengewicht erhält, in Übereinstimmung mit der oben angeführten Grundgleichung.

Die erhaltenen Wertpaare V, s sind in ein gewöhnliches Koordinatensystem zu übertragen, wie in Abb. 2, Taf. 4) im Quadranten III gezeigt (Anmerkung 1 und 2).

Der Schnittpunkt des (s, V)-Strahles mit der Z_{eo}-Kurve liefert die Geschwindigkeit, bei welcher die gegebene Last in der Wagrechten (im Beharrungszustande) befördert werden kann; in der Abb. 2, Taf. 4 ist dies für G = 1400 t eingezeichnet.

Zur Ermöglichung der Kontrolle sei angeführt, daß beide Abbildungen die Heißdampfschnellzuglokomotive 2 D Reihe 455.0 CSD betreffen. Das Gewicht von Lokomotive und Tender mit halben Vorräten ist $G_l = 131$ t.

Die errechneten Zugkräfte (nach dem Verfahren des Verfassers und mit der Strahlschen Widerstandsformel für Lokomotive samt Tender und die Widerstände der Wagen) sind für

	Z_{eo}	w
V = 20	9990 kg	2,76 kg/t
V = V_k = 36,2 . . .	9910 „	3,09 „
V = 50	7430 „	3,46 „
V = 60	6190 „	3,80 „
V = 70	5140 „	4,18 „
V = 80	4300 „	4,62 „

Das Verfahren ist natürlich auch anwendbar auf die zeichnerische Bestimmung der zulässigen Grenzbelastungen mit Rücksicht auf die Zughakenbeanspruchung. Diese Beanspruchung erscheint als feste Zugkraft Z_e; es ist leicht zu bestimmen, von welcher Steigung an die möglichen Be-

lastungen für verschiedene Geschwindigkeiten nicht mehr herabgesetzt werden müssen.

Solche Fälle können bei Vorspannleistungen auch bei schwächeren Lokomotiven vorkommen; es ist dann die summarische Zugkraftkurve beider Lokomotiven in Vergleich zu setzen mit der zugelassenen Zughakenbeanspruchung (Anmerkung 3).

Anmerkungen:

1. Der s, V-Strahl teilt die Zugkraft Z_e in zwei Abschnitte: Den Widerstand der Wagen $G_w \cdot (w + s)$ und die beschleunigende (bzw. verzögernde) Kraft $\pm P_{kg} = Z_e - G_w \cdot (w + s)$; es ist auch $\frac{P}{G_w + G_l} = s$ kg/t.

Z. B. $9990 - 400 \cdot 2{,}76 = 8886 \ldots\ldots s = \frac{8886}{400 + 131} = 16{,}7$.

2. Das Ziehen der Polstrahlen entfällt, wenn man auf der Ordinate im Abstand $\overline{PO}$ rechts von O einfach G_w aufträgt und den erhaltenen Punkt mit dem Koordinatenanfangspunkt verbindet.

3. Kommen größere effektive Zugkräfte (über 10000 kg) in Betracht, dann trägt man Z_e in halbem Maßstab 10 mm = 1000 kg auf, wodurch die Polentfernung $\overline{PO} = 100$ mm wird.

Aus amtlichen Erlassen.

Gesichtspunkte für die Konstruktion der elektrischen Lokomotiven und Triebwagen der Deutschen Reichsbahn.

Die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft hat auf Grund einer Beratung in Berlin vom 5. bis 9. Juli 1927 über die Konstruktion elektrischer Wechselstromlokomotiven und Tiebwagen, zu der auch fachlich beteiligte ausländische Eisenbahnverwaltungen geladen waren, eine Reihe von Entscheidungen getroffen, deren wichtigste kurz angedeutet seien.

Die verhältnismäßig hohe Zahl der Stromabnehmerentgleisungen macht es nötig, den Ausschlag des Fahrdrahtzickzacks in Kurven von 600 mm auf 500 mm zu verringern. Ferner soll durch Verwendung liegender Rillenisolatoren an der Bauhöhe des Stromabnehmers gespart werden, was einer Erhöhung des Lokomotiv-Dachscheitels zu gute kommt. Eine Steigerung der Bügelanpreßkraft um 1 bis 1,6 kg erscheint ebenfalls geboten, während ein Abgehen von der doppelten Isolation der Hochspannungsdachleitungen noch von der Bewährung der Versuchsisolatoren abhängt. Gegen das Anbringen von Dachleitern ist bei der ausreichenden Gefahrvertrautheit des Lokomotivpersonals heute nichts mehr einzuwenden. Ob der umstrittene Wert des Einschaltwiderstandes im Hauptölschalter dazu führen wird, ihn künftig fortzulassen, ist noch nicht endgültig entschieden. Wahrscheinlich wird dies aber so kommen. Die Frage des Luftschalters bedarf noch eingehender Versuchsarbeit, ebenso ein Verlegen der Abschaltung schwererer Kurzschlüsse vom Lokomotivhauptschalter weg ins Unterwerk. Bei 38 neuen 1-Do-1 Schnellzuglokomotiven der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft werden Trockentransformatoren eingebaut, um die Betriebssicherheit der neuen Bauart zu erproben. Die Überlastungsfähigkeit der Umspanner und Motoren soll künftighin nicht mehr so sehr durch die Erwärmungsvorschriften als vielmehr durch höhere Nennleistungen bei besserer thermischer Baustoffausnutzung erzielt werden. Die Normung der Kohlebürsten ist noch völlig im Fluß, Umspanner- und Schalteröle sind auch weiterhin nach technisch-physikalischen und chemischen Bedingungen und nicht nach den wenig zuverlässigen Markenbezeichnungen zu beschaffen.

Elektropneumatische Schützen werden bis auf weiteres nicht mehr verwendet, wohl aber elektromagnetische Schützen und die bewährten Schlitten- und Feinreglersteuerungen. Im Gesamtaufbau werden bei Neubauten einteilige Rahmen bevorzugt. Auf Keilnachstellung an Stangenköpfen kann bis auf wenige verzichtet werden. Der Wert der Zahnradfederungen ist noch nicht einwandfrei erwiesen, Ersatz durch Schrägverzahnung bei doppeltem Antrieb wäre vielleicht vorzuziehen. Bei den Triebwagen muß erst eine längere Betriebszeit über die Überlegenheit einzelner Typen entscheiden. Sch-l.

Berichte.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Eisenbahnschienen in Amerika.

Bekanntlich arbeitet man auch in Amerika heute mit erheblich schwereren Schienen als früher. Was das letzte Jahrzehnt anbelangt, so machten in den Vereinigten Staaten im Jahre 1917 die über 50 kg/m schweren Schienen nur 26% der Gesamterzeugung aus, während dieser Anteil bis 1927 auf 68,8% gestiegen waren, und von den Schienen des Jahres 1927 wog etwa ein Drittel mehr als 60 kg/m. Dabei ist natürlich nicht nur die Schiene schwerer geworden, sondern der ganze Oberbau ist verstärkt worden, wie auch auf seiten der Lokomotive neben dem erhöhten Gewicht auch die größere Fahrgeschwindigkeit zu der vermehrten Beanspruchung des Oberbaus beigetragen hat.

Nachdem im Jahre 1908 Normen für Schienen von 25 bis 50 kg mit einer die Breite übertreffenden Höhe aufgestellt worden waren, machten im Jahre 1916 die Lehigh Valley- und die Pennsylvania-Eisenbahn, von denen namentlich die letztgenannte immer eine führende Rolle im amerikanischen Eisenbahnwesen gespielt hat, einen Vorstoß auf dem hier behandelten Gebiet, indem sie von der 55 kg/m schweren Schiene zu einer solchen mit 65 kg Metergewicht übergingen. Die anderen Eisenbahnen folgten diesem Beispiel nur langsam. Der Umfang, in dem schwere Schienen auf Strecken mit schwerem und schnellem Verkehr verwendet werden, ist neuerdings durch einen Fragebogen ermittelt worden. Daraus ging hervor, daß Eisenbahnen von zusammen 97890 km Länge oder 28,2% der Gesamtlänge Schienen von 63,5 bis 68 kg/m Gewicht als schwerste verwenden; nur wenig mehr, nämlich welche mit 99582 km Länge oder 28,7% bezeichnen 55 kg/m als ihre schwerste Schiene; Eisenbahnen mit 121552 km Länge oder 35,1% gehen mit dem Schienengewicht bis 50 kg/m. Bei Eisenbahnen von nur 23052 km Länge oder 6,6% ist 45 kg/m das Höchstgewicht der Schienen, und nur zwei Eisenbahnen mit 4503 km Länge oder 1,3% bleiben mit 42,5 kg/m Höchstgewicht noch hinter ihnen zurück. Der Übergang zu schwereren Schienen hat sich namentlich in den letzten Jahren vollzogen, dabei wurden bei einigen Bahnen die neuen Formen nicht gleich für ganze durchgehende Strecken, sondern zunächst für scharfe Krümmungen, für Tunnel und schwer belastete Teilstrecken im Gebirge eingeführt.

Mit einer Erhöhung des Schienengewichts werden vier Ziele verfolgt: Verringerung des Unterhaltungsaufwands, Verlängerung der Lebensdauer, Verringerung der Zahl der Schienenbrüche und sonstigen Schäden an einzelnen Schienen und eine allgemeine Verbesserung des Oberbaus. All dies hängt natürlich nicht nur von der Schiene ab, sondern besonders auch vom Gleisbett. Die Zeit, die seit Einführung der schweren Schienen bei den einzelnen Eisenbahnen vergangen ist, ist noch zu kurz, als daß ein abschließendes Urteil möglich wäre, aber im allgemeinen kann gesagt werden, daß die neuen Schienen den Ansprüchen genügen, die an sie gestellt werden.

Für die zweckmäßigste Schienenform gilt z. Z. in den

Vereinigten Staaten diejenige der Lehigh Valley-Eisenbahn mit 68 kg/m Gewicht. Infolge ihrer hohen Tragfähigkeit verteilt sie die Last auf eine größere Fläche der Bettung; ihr gegen andere Formen etwas verbreiterter Fuß gewährleistet eine sichere Lagerung auf der Schwelle, und ihr hoher Steg ermöglicht das Anbringen kräftiger Laschen am Stoß, dem schwächsten Punkt des Schienenstrangs. — Bei den Kanadischen Staatsbahnen glaubt man feststellen zu können, daß der Übergang von einem Schienengewicht von 42,5 kg zu 50 kg/m zu einer jährlichen Ersparnis von 100 Dollar für eine (englische) Meile (1,61 km) geführt hat; die Lebensdauer der Schienen ist um 30% verlängert worden. Die Auswechslung von Schienen wegen Beschädigungen kommt nur halb so oft vor, die Schwellen leiden weniger, und es ist leichter, die richtige Lage des Gleises nach Höhe und Richtung zu erhalten. Von andrer Stelle wird sogar die Ansicht ausgesprochen, die 65 kg/m-Schiene werde doppelt so lange halten wie diejenige mit einem Metergewicht von 50 kg. Wieder an andrer Stelle wird zwar das gute Verhalten der schwereren Schienen anerkannt, zugleich aber hinzugefügt, daß dabei auch eine Verstärkung des Schotterbettes mitgewirkt habe. Die Zahl der wegen Beschädigungen ausgewechselten Schienen betrug bei einer Eisenbahn unter ihren 55 kg/m-Schienen nur ein Viertel bis ein Fünftel der Zahl, die bei Schienen mit 45 kg/m ausgewechselt werden mußten.

Die Zeitschrift „Railway Engineering and Maintenance", die im wesentlichen als Quelle für die vorstehenden Darlegungen gedient hat, bringt eine ganze Sammlung von Äußerungen leitender Beamten der amerikanischen Eisenbahnen, die sich alle dahin aussprechen, daß die Einführung schwererer Schienen sich bewährt habe, namentlich auch vom wirtschaftlichen Standpunkte, indem die höheren Ausgaben für die Beschaffung durch Ersparnisse in der Unterhaltung, namentlich auch infolge ihrer längeren Lebensdauer z. T. wieder ausgeglichen werden. Dabei sind die Mehrkosten nicht einmal so erheblich, wie sich aus dem Gewichtsunterschied bei gleichem Einheitspreis ergeben würde, weil der Tonnenpreis für die schwereren Schienen niedriger ist als für die leichten.

Im allgemeinen ist man in Amerika der Ansicht, daß die letzten Jahre Verbesserungen bei den Eisenbahnschienen nicht nur im Gewicht, sondern auch in bezug auf den Baustoff gebracht haben. Es wird aber auch geklagt, daß bei den heutigen Schienen Querrisse in erheblicher Zahl auftreten, und es wird ein Stahl mit größerer Verschleißfestigkeit verlangt. Neuerdings ist eine Vorrichtung entwickelt worden, die es ermöglicht, mit Hilfe der Elektrizität dem Auge verborgene Fehler an den Schienen zu entdecken (s. Heft 2, Jahrgang 1927 dieser Zeitschr.), und wenn erst der mit dieser Vorrichtung ausgerüstete Wagen sich bewährt haben wird, hofft man einerseits, den verderblichen Folgen solcher Risse für den Betrieb vorbeugen, andrerseits aber die Vorschrift aufheben zu können, daß alle Schienen aus einer Schmelzung zu verwerfen sind, wenn sich bei den Schienen daraus mehr als drei Querrisse gezeigt haben.

Richtig erkannt hat man aber auch in Amerika, daß es nicht genügt, eine schwere Schiene anzuwenden, um einen tragfähigen, dauernd betriebssicheren Oberbau zu schaffen, und unter den Ansichten, die an der genannten Stelle veröffentlicht sind, gehen einige dahin, daß eine wichtige Forderung des heutigen Tages eine Verstärkung der Stöße sein muß. In dieser Beziehung wird auf wertvolle Versuche hingewiesen, die mit dem Ziel angestellt worden sind, ausgeschlagene Stöße durch Schweißen wieder herzustellen.

Hand in Hand mit den Bemühungen der für den Zustand der Strecke verantwortlichen Beamten, einen einwandfreien Oberbau zu schaffen und zu erhalten, gehen die Bestrebungen des Lokomotivbaus dahin, trotz Zunahme des Gewichts der Lokomotiven durch dessen bessere Verteilung auf die Achsen, durch Vermehrung ihrer Zahl und durch Verbesserungen bei Einzelheiten der Lokomotivbauweise die Gleise zu schonen. Daß hier schon Erfolge erzielt sind, zeigt die 2D2-Lokomotive der Atchison, Topeka und Santa Fe-Eisenbahn, deren Triebräder insgesamt mit 122,3 t belastet sind. Diese Lokomotive soll trotz ihres Gewichts bei einer Fahrgeschwindigkeit von fast 100 km das Gleis nicht so ungünstig beanspruchen wie leichtere ältere Lokomotiven von weniger vollkommener Bauart.

Wernekke.

Entlüftungsschwierigkeiten für Tunnels.

Die erheblichen Nachteile, die die Rauchgase der Lokomotiven in langen Tunnels für die Reisenden wie für das mit Unterhaltungsarbeiten beschäftigten Bahnpersonal haben, sind bekannt. Dazu verursachen die chemischen Auswirkungen der Lokomotivgase einen drei bis viermal stärkeren Abgang des Gleismaterials durch die raschere Verrostung. Mehr oder weniger hat man solche Schwierigkeiten auch in anderen langen Eisenbahntunnels. Abhilfe durch Einrichtung elektrischen Betriebs ist zwar technisch möglich, stößt aber meistens, wenn die Bahnen nicht auch sonst für Elektrifizierung reif sind, auf große wirtschaftliche Schwierigkeiten.

Seitens der Eisenbahnverwaltungen geschieht natürlich alles mögliche, um die schlechte Luft zu beseitigen. So ist am Cochemer Tunnel schon seit 1900 eine starke Entlüftungsanlage System Saccardo in Betrieb, welche mittels großer Ventilatoren einen Frischluftstrom von der Cochemer nach der Ellerer Seite pressen soll. Und da diese den Erwartungen nicht genügend entsprochen hat, ist 1914 noch ein Entlüftungsschacht gebaut worden, dessen Abzugswirkung ebenfalls noch durch einen Ventilator verstärkt wird.

Der Wirkungsgrad solcher kostspieliger Anlagen sinkt aber sehr stark, wenn dem Entlüftungsstrom widrige Winde bzw. ein Luftüberdruck von der anderen Seite entgegenstehen. Es findet dann womöglich überhaupt keine Luftbeförderung durch den Tunnel mehr statt und es bildet sich in ihm ein Rauchpfropfen. Liegt dieser Rauchpfropfen — in der Richtung des Ventilatorluftstromes betrachtet — vor dem etwa angelegten Schacht, so fördert dieser anstatt Rauch die vom Wind durch das jenseitige Tunnelende eingeführte Frischluft, soweit nicht durch die fahrenden Züge eine Luftvermischung im Tunnel bewirkt wird. Gegen solche Schwierigkeit gibt es an sich die Möglichkeit, durch Ergänzung oder Verdopplung der Ventilatoranlage den Luftstrom im Tunnel umzukehren, so daß er jeweils durch den Außenwind unterstützt wird. Aber abgesehen von den erheblichen Mehrkosten der Anlage ist dieses Mittel dann nicht anwendbar, wenn aus Rücksicht auf die Örtlichkeit — wie z. B. bei Cochem, wo der Qualm wegen des Ortes nicht nach Osten heraustreten soll — der Ventilatorstrom nur in einer Richtung durch den Tunnel strömen soll.

Durch eingehende längere Versuche im aerodynamischen Institut der Technischen Hochschule Aachen ist es nun dem Regierungsbaumeister Dr. Ing. Karl Schmitt-Essen gelungen, nachzuweisen, daß besonders geformte Vorbauten, vor dem jenseitigen Tunnelportal profilfrei aufgestellt, die schädlichen Windkräfte nicht nur vernichten — das wäre an sich schon ein wesentlicher Vorteil —, sondern sie sogar zu einer Mitwirkung in Richtung der künstlichen Lüftung heranziehen, also für gleiche Wirkung eine Ersparnis von Kraftaufwand im Betrieb ermöglichen. Die Kosten sind dabei für die zweckmäßig in Eisenbeton auszuführenden Vorbauten verhältnismäßig sehr gering.

Ein Modell der Versuchsanlage ist auf der Ila-Berlin im Oktober in Betrieb gezeigt worden. Die Erfindung hat auch bereits im Auslande angeregte Beachtung gefunden und ist dort auch erfreulicherweise patentamtlich geschützt worden.

Prof. Wentzel-Aachen.

Bahnhöfe nebst Ausstattung.

Rauchfreier Lokomotivschuppen in Chicago.

Die Entfernung des Rauches aus Lokomotivschuppen, die in dicht bevölkerten Gebieten liegen, gehört zu den neuerdings stark beachteten Aufgaben.

Die Grand Trunk Western-Eisenbahn hat in ihrem innerhalb des Stadtbereiches von Chicago gelegenen Lokomotivschuppen Elsdon diese Aufgabe erfolgreich gelöst. Aus den einfahrenden Lokomotiven wird vor dem Schuppen über einer Schlackengrube das Feuer herausgezogen und die Lokomotive wird dann im Schuppen an eine Dampfleitung angeschlossen, die sie von einem festen Kessel aus mit Dampf speist. Mit diesem Dampf fährt die Lokomotive, ehe ihr nächster Dienst beginnt, wieder aus, und erst



vor dem Schuppen wird das Feuer auf ihrem Rost wieder entzündet; ein Verfahren, das als „direct steam" bezeichnet wird. Der Schuppen hat daher keine Rauchabzüge.

Die zu behandelnden Lokomotiven sind Verschiebelokomotiven mit 6,8 m³ Kessel-Wasserinhalt, Personenzuglokomotiven mit 15 m³ und mit 9,5 m³. Von diesen Lokomotiven werden täglich etwa drei ausgewaschen oder erhalten vollständig neues Speisewasser, die übrigen bleiben unter Dampf. Für die Dampflieferung sind zwei ortsfeste Kessel von 14 at mit neuzeitlicher Kohlenzuführung und Aschenabfuhr vorgesehen.

Der Schuppen ist von einer doppelten Dampfleitung von 2'' und von 1/2'' durchzogen, an die die Lokomotiven durch ein biegsames Rohr oder durch einen Schlauch angeschlossen werden, je nach dem Dampfbedarf. Nachdem der Kessel und die Feuerbüchse durchgesehen sind, werden 90 Schaufeln Kohle für die spätere Entzündung gleichmäßig über den Rost verteilt. Die Prüfung der Luftpumpen, der Turbine für die Beleuchtung, der Dampfstrahlpumpen u. dergl. wird mit dem Hilfsdampf ausgeführt.

Wenn der Kessel neu gefüllt werden soll, wird zunächst zu gleichmäßiger Erwärmung der immer noch warmen Teile etwas Dampf und dann aus der weiteren Leitung vorgewärmtes Wasser von etwa 80° und Dampf gleichzeitig eingeleitet bis genügend Wasserfüllung und ein Druck von etwa 7 bis 10 at erreicht ist. Dann wird die Wasserzufuhr abgestellt und der nötige Druck durch Dampfzuführung erzeugt. Dieser Vorgang dauert etwa 30 Minuten. Nach Beendigung wird die weitere Leitung abgesperrt; der aus dem dünnen Schlauch übertretende Dampf genügt, um den Druck zu erhalten. Die Dampfleitungen verlaufen oberhalb der Lokomotiven, die Ventile werden vom Fußboden aus bedient.

Vor dem Schuppen wird das Feuer mit Hilfe einer mit Öl gespeisten Zündvorrichtung, der Druckluft mit 7 at Druck zugeführt wird, entzündet, was ungefähr 5 bis 6 Minuten in Anspruch nimmt. Die Zeit, die vergeht, bis die Lokomotive an den Zug angekuppelt ist, reicht für das Durchbrennen der Feuerschicht aus.

Das geschilderte Verfahren wird als sehr vorteilhaft bezeichnet. Die Lokomotiven sind nicht nur schneller dienstbereit, sondern es werden auch erhebliche Ersparnisse erzielt. Rauch und Dampf, sowie das Geräusch abblasenden Dampfes im Schuppen sind beseitigt, das Arbeiten im Schuppen ist infolgedessen viel angenehmer. Der Lokomotivschuppen ist mit Dampfheizung versehen; doch hat sich gezeigt, daß sie kaum nötig ist, da die Wärme nicht mehr durch die Rauchabzüge entweicht.

Von besonderem Wert sind die Ersparnisse an Brennstoff. Man hat in dieser Beziehung vergleichende Versuche angestellt, indem eine leichte Mikado-Maschine, von Hand gefeuert, 24 Stunden lang unter Dampf von etwa 10 at Druck gehalten wurde; dabei wurden in der Stunde 170 kg Kohle verbraucht. Um eine gleiche Lokomotive nach frischer Füllung des Kessels mit Wasser von 50° auf einen Kesseldruck von 10 at zu bringen, waren 1300 kg Kohle nötig. Bei einem angenommenen achtstündigen Aufenthalt der Lokomotive im Schuppen wäre der stündliche Kohlenverbrauch 162 kg. Bei Speisung der Lokomotive mit Dampf aus dem festen Kessel ist der Verbrauch an Brennstoff aber nur etwa 50 kg, so daß etwa 2/3 der beim Anfeuern der Lokomotive nötigen Kohlenmenge erspart wird. Nicht zu vergessen sind auch die Ersparnisse, die infolge des Wegfalls von Rauch und Ruß bei der baulichen Unterhaltung des Lokomotivschuppens eintreten, zumal die Unterhaltung der Rauchabzüge vollständig wegfällt.

Bemerkenswert ist auch die Erfahrung, daß das Anheizen der Lokomotiven, wenn sie mit 10 at Druck im Kessel aus dem Lokomotivschuppen ausfahren, fast ohne Rauchentwicklung vor sich geht.

We.

Drehscheibe Bauart Mundt.

Bei der Niederländischen Staatsbahn sind fünf Drehscheiben von 20 m Durchmesser und 150 t Tragfähigkeit und eine Drehscheibe von 24 m Durchmesser und 275 t Tragfähigkeit, sämtlich der Bauart Mundt, in Betrieb genommen worden. Die Drehscheibe Bauart Mundt ist eine gelenklose Drehscheibe auf drei Stützen, die einerseits die Nachteile der auf dem Königszapfen pendelnd aufruhenden Scheibe — Stöße beim Auf- und Abfahren der Lokomotiven, die auch bei Entlastungsvorrichtungen nicht ganz vermeidbar sind — andererseits die Nachteile die der Gelenkkonstruktion anhaften, vermeiden will.

Als letztere werden bezeichnet: Ungenügende Steifigkeit in der Horizontalebene gegenüber den drehenden Kräften, schlechte Ausnutzung des Baustoffes. Diese wird am günstigsten, wenn die Drehscheibe einen auf drei Stützen aufruhenden kontinuierlichen Träger bildet.

Die gewünschte Verteilung der Last wird dadurch herbeigeführt, daß das mittlere Auflager durch Beilagen gehoben oder gesenkt werden kann. Das mittlere Auflager ist als Kugellager ausgebildet. Der zylindrische Zapfen hat nur die Aufgabe, den Mittelpunkt der Scheibe gegen Längskräfte beim Auffahren und Bremsen zu sichern. Die Bauhöhe der Hauptträger einer Mundtschen Drehscheibe von 20 m Durchmesser und 150 t Tragfähigkeit beträgt nur 0,7 m gegenüber 2,0 m einer Pendelscheibe mit Königsstock von 18 m Durchmesser und 120 t Tragfähigkeit.

Eb.

Lokomotiven und Wagen.

Schornstein-Rauchableiter bei ungarischen Lokomotiven.

Bei den Lokomotiven neuerer Bauart mußte zur Ausbildung der Feuerbüchse der Kessel hoch über die Rahmenplatte gehoben und der Schornstein mit Rücksicht auf die Umgrenzung des lichten Raumes niedrig, der Führerstand hingegen höher angebracht werden. Infolge dieser ungünstigen Lage der beiden Teile zu einander wird der aus dem Schornstein herausströmende Rauch (Abdampf, Ruß) zu den Beobachtungsfenstern geschleudert, dringt unter das Schutzdach und füllt selbst oft in unerträglicher Weise den Führerstand. Dadurch wird aber nicht nur die Beobachtung der Strecke behindert, sondern auch die Gesundheit der Lokomotivbeamten gefährdet. Um diese ungünstigen, schädlichen Einwirkungen hintanzuhalten, mußte eine Vorrichtung gefunden werden die geeignet ist, den Rauch abzulenken.

Verläßt der Rauch (Abdampf und Rauchgase) einmal den Schornstein, so gelangt er unter die Einwirkung der Luftströmungen und ist nicht mehr zu beherrschen. Soll daher der Rauch aus den angeführten Gründen vom Schutzdache (Führerstand) ferngehalten werden, so muß er gleich beim Austritt aus dem Schornstein gelenkt werden. Dazu könnte einerseits der durch die Fahrgeschwindigkeit verursachte Luftdruck dienen, andererseits wäre dies durch Einschränkung des ungünstigen Einflusses der Windrichtungen zu erzielen. Während der Fahrt entsteht hinter dem Schornstein eine Luftverdünnung und diese zieht einen Teil der Dampfgase bis zur Höhe der Beobachtungsfenster herab. Der übrige über der Lokomotive schwebende Teil gelangt durch die herausragende Oberfläche des Dampfdoms, Wasserreinigers usw. zerteilt vor das Schutzdach. Nach diesen Beobachtungen mußte eine Vorrichtung geschaffen werden, die

1. einen aufwärts wirkenden Luftstrom erzeugt, der die aus dem Schornstein austretenden Rauchgase in die Höhe treibt,
2. die ausströmenden Verbrennungsprodukte aus teilweise unvollständiger Verbrennung zusammenhält und dem erzeugten Luftstrom zuführt,
3. das Herabziehen der hinter den Schornstein gelangenden Rauchgase verhindert,
4. die hinaufgetriebenen Verbrennungsprodukte in der Höhe hält, damit das Schutzdach darunter durchfahren kann.

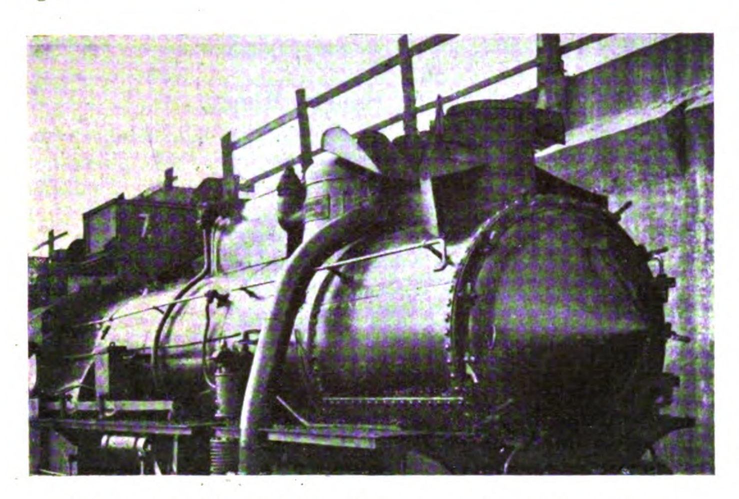
Die Vorrichtung erfüllt ihre Aufgabe mit folgenden Bestandteilen:

Zu 1. An beiden Seiten des Schornsteins wird je ein trichterförmiger Luftleiter angebracht. Der Eintrittsquerschnitt des Trichters ist um das Zwanzigfache größer als der Austrittsquerschnitt. — Der Eintrittsquerschnitt liegt am Fuße des Schornsteins in einer Vertikalebene zur Lokomotiv-Längsachse. Der Austrittsquerschnitt befindet sich auf der Fläche des oberen Schornsteinflansches und umfaßt 5/6 der rückwärtigen Hälfte desselben. Der von der Fahrgeschwindigkeit abhängige Luftdruck, in einem dem Verhältnis der beiden Querschnitte entsprechenden Maße gesteigert, erzeugt hinter dem Schornstein den erwünschten

aufwärts wirkenden Luftstrom. — Die Versuche haben ergeben, daß dieser Luftstrom genügt, die Rauchgase sowohl bei Windstille als auch bei ungünstiger Windrichtung in entsprechende Höhe zu treiben.

Zu 2. Zum Zusammenfassen des aus dem Schornstein austretenden Rauchgas-Dampfgemisches wird an zwei Seiten der Schornsteinöffnung je ein senkrechter Flügel angebracht; diese laufen in einem Neigungswinkel von etwa 15° zur Lokomotiv-Längenachse nach rückwärts zusammen, und lenken Ruß und Rauch zum Luftstrom hin. Die Flügel sind gelenkartig befestigt und hindern daher das Bedecken des Schornsteins nicht.

Zu 3. Zur Verhinderung des Zustandekommens eines Unterdruckes hinter dem Schornstein dient ein zweiter Luftstrom, erzeugt durch Trichter, ähnlich den unter 1. beschriebenen, jedoch mit dem Unterschied, daß ihr Austrittsquerschnitt tiefer liegt.



Schornstein-Rauchableiter bei ungarischen Lokomotiven.

Zu 4. Um die hinaufgetriebenen Gase in der Höhe zu halten, wird eine schiefe Platte angewendet, die sich in einem Neigungswinkel von ungefähr 40° an den Dampfdom lehnt. Sie ist an beiden Seiten mit Seitenplatten und längs der Lokomotiv-Längsachse, parallel mit den Seitenplatten, mit Rippen versehen. Die Bestimmung dieser Platten ist, den Einfluß des Seitenwindes zu verringern. Während der Fahrt bringt diese schiefe Platte einen der Fahrgeschwindigkeit entsprechenden, aufwärts wirkenden Luftstrom hervor, der nicht nur der Stauwirkung des Dampfdoms entgegenwirkt, sondern den hinaufgetriebenen Rauch auch in der Höhe hält, so daß dieser auch bei Seitenwind erst hinter dem Schutzdache herabfällt.

Mit der Rauchablenkungseinrichtung wurde versuchsweise zunächst eine Schnellzuglokomotive des Heizhauses in Szeged ausgerüstet (siehe Abb.). — Diese ist ständig im Betrieb und es zeigte sich, daß der Führerstand rauchfrei ist und die Lokomotivbesatzung eine von Dampf und Rauchgasen nicht behinderte freie Aussicht hat. Auf Grund der gewonnenen guten Erfahrungen schlug die Betriebsdirektion Szeged der Generaldirektion in Budapest vor, sämtliche Schnellzuglokomotiven, die leicht entzündbare, qualmbildende Kohlen in größerem Maße verbrauchen, mit dieser Einrichtung auszurüsten. Oberinspektor Wittchen.

Eiserne Wagen für Schnellzüge in Frankreich.

Die französische Nordbahn hat vor kurzem 40 eiserne Wagen erster und zweiter Klasse in Dienst gestellt, die hauptsächlich für Schnellzüge bestimmt sind. Der Bau dieser Personenwagen aus Stahl wurde durchgeführt auf Grund der Erfahrungen mit einer Versuchsausführung*), die bereits im Jahre 1923 im Verfolge der Bestrebungen stoßfeste Wagen aus Stahl einzuführen, erstellt worden war.

Die Baupläne der neuen Wagenart zeigen folgende Konstruktionen:

Das Kastengerippe besteht aus dem Wagenkasten, den Längs- und Querversteifungen und den Innenwänden. Der Wagenkasten soll allen während der Fahrt oder bei Zusammenstößen auftretenden Kräften größten Widerstand leisten, im besonderen vor Zusammendrückung geschützt sein, soll auch bei größten Geschwindigkeiten keine unzulässigen Schwingungen annehmen und soll schließlich der Luft geringen Widerstand bieten. Die beiden äußeren Seitenwände und das Dach sind aus Einzelstücken entsprechend der Zahl und den Abmessungen der Abteile zusammengesetzt. Die vier Seiten eines jeden solchen Einzelstückes sind zum Zwecke einfacher Verbindung rechtwinklig umgebogen. Diese aneinanderstoßenden Flansche bilden dann durchlaufende Rippen. Im Inneren des unverkleideten Wagenkastens zeigt sich also ein Netz von Längs- und Querrippen, die senkrecht zu einander stehen. Die Außennähte werden verschweißt. An den Querrippen werden die Querwände befestigt. Jede Querwand besteht aus zwei Blechen von 3 mm Stärke im Abstand von 30 mm, die zur Gewichtsersparnis mehrfach ausgeschnitten sind. Die Ausschnitte sind durch aufgenietete Winkeleisen verstärkt. Die beiden ebenfalls doppelwandigen Kopfstücke sind stärker gehalten als die Innenquerwände. Die Längswand besteht in gleicher Weise aus solchen Doppelblechen, die aber eine Stärke von 1,5 mm haben. Der Boden wird von einem Rahmen aus U-Eisen 200×100 mm mit zwischenliegenden Versteifungsstücken gebildet. Eine Sonderkonstruktion an den beiden Kopfenden des Wagenkastens soll dazu beitragen, die normal und bei Unfällen auftretenden Stoß- und Zugkräfte zuverlässig auf die kräftigen Längsversteifungen zu übertragen. Der Bodenrahmen ist mit Wellblech abgedeckt, auf dem Terrazolith (Magnesiumzement) liegt. Die Decke wird aus elliptischen Einzelblechbögen von 1,5 mm Stärke gebildet, die an den Querrippen des Daches befestigt werden.

Für die Drehgestelle ist die Pennsylvania-Bauart (mit Schwanenhalsträger) gewählt. Sie haben ein in einem Stück hergestelltes Stahlgußgestell. Jedes dieser Gestelle wurde vor dem Einbau mit einer 24stündigen Belastung von 52 t ausgeprobt. Es zeigte sich keinerlei bleibende Formänderung. Die Durchbiegung einer jeden der beiden Blattfedergruppen der Wiege beträgt 12 mm/t und die einer Wickelfeder 16,7 mm/t. Das Gesamtgewicht eines Drehgestells ist 6500 kg.

Die Wagenausrüstung zeigt elektrische Beleuchtung nach dem selbsttätigen System Brown-Boveri, bestehend aus einer am Wagenboden befestigten Lichtmaschine, einer Akkumulatorenbatterie und einem Mauronregler. Die Leuchten in den Abteilen werfen das Licht gleichmäßig um ihre senkrechte Achse, die Leuchten im Gange verteilen das Licht nach der Längsachse des Wagens. Die Heizung ist nach dem System Westinghouse mit thermostatischem Regler ausgeführt. Alle Wagen sind mit Westinghouse-Schnellbremse, mit Henrybremse, Handbremse und selbsttätigem Gestängeregler ausgestattet. Die Zug- und Stoßvorrichtung besitzt zur Aufnahme der Zug- und Druckkräfte außer einer querliegenden Blattfeder mehrere Kautschukpuffer. Der Waschraum liegt in der Mitte des Wagens. Die beiden Wasserbehälter von je 400 l Inhalt sind an der Decke aufgehängt. Ein Warmwasserbereiter ist vorgesehen. Die Wasserspülung wird durch Druckluft betätigt.

Die Herstellung der Wagen erfolgte nach neuzeitlichen Arbeitsweisen unter ausgiebiger Verwendung von Schweißverfahren und unter besonderer Beachtung der Grundsätze des Austauschbaues. Die Einzelteile werden so genau hergestellt, daß der Aufbau des Wagens rasch vonstatten geht. Das Gewicht eines fertigen Wagens 1. Klasse beträgt 48,2 t.

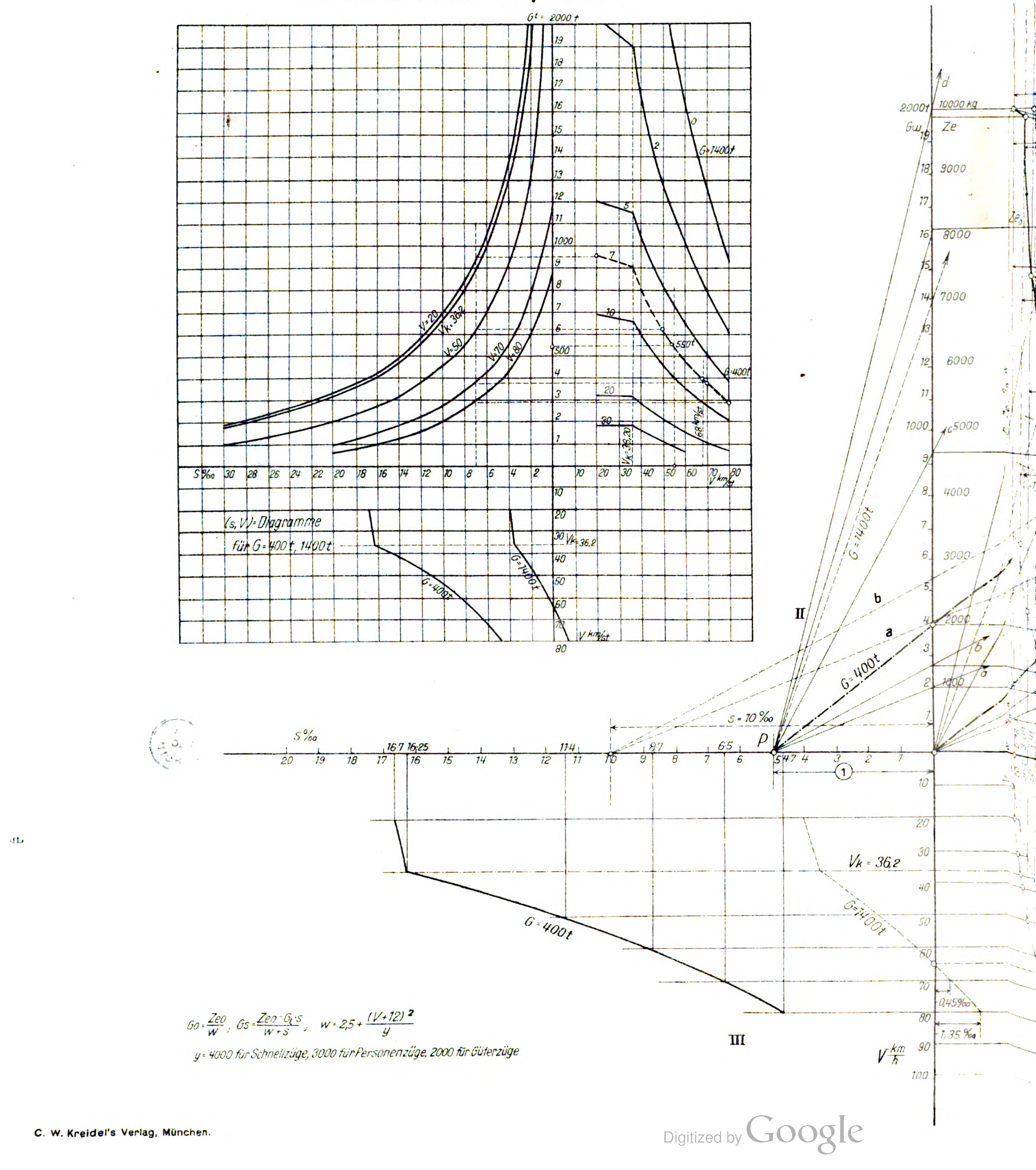
Die Probefahrten haben alle Erwartungen bestätigt. Die Wagen laufen auch bei den größten Geschwindigkeiten und bei der Einfahrt in Gleiskrümmungen bemerkenswert sicher und ruhig.

(Bull. Ch. d. f., Mai 1928.) Eb.

*) Organ 1927, Seite 175, Personenwagen der französischen Nordbahn aus Stahl.

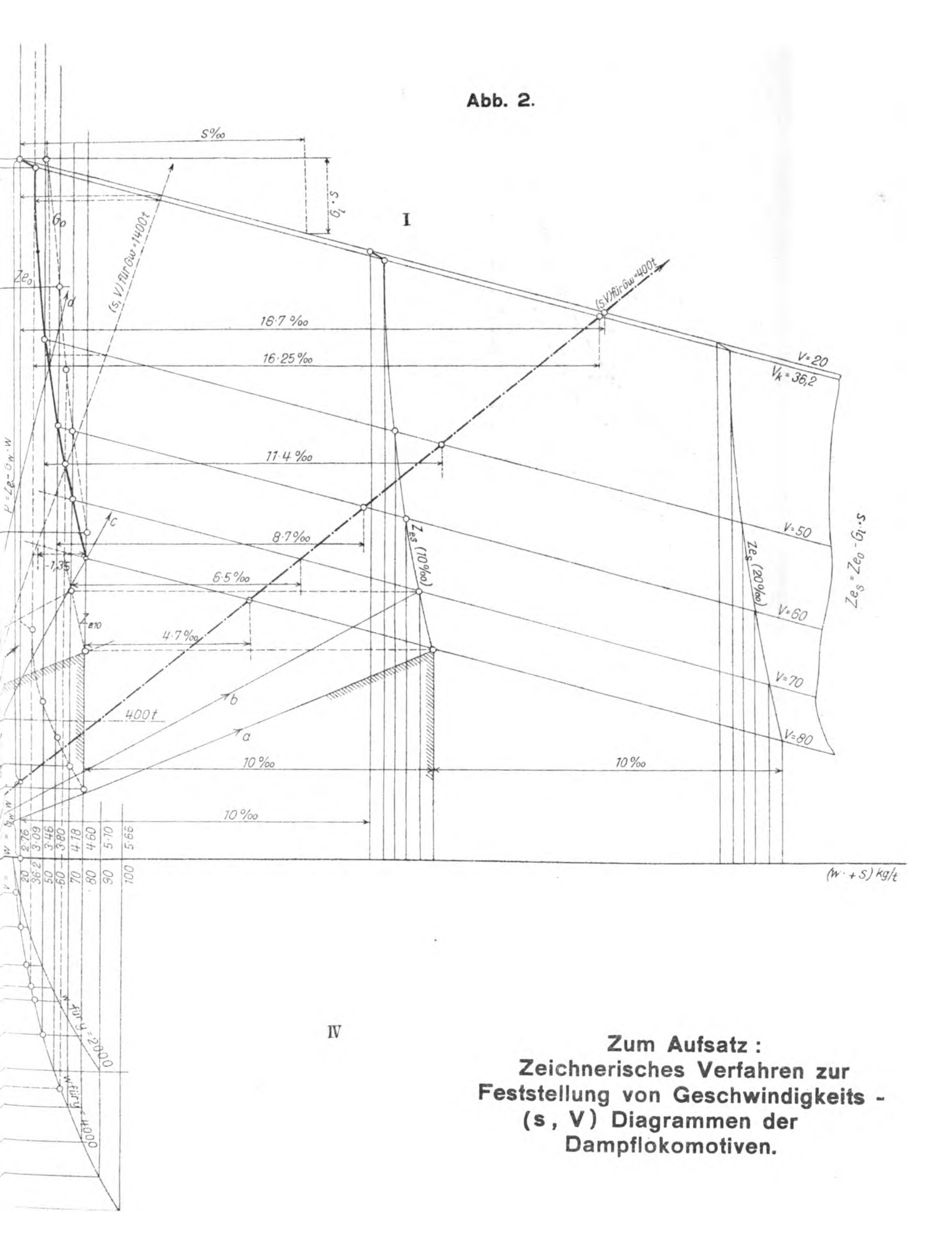
Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.

Abb. 1. Geschwindigkeits (s, V) Diagramm der Lokomotivreihe 455,0 ČSD.



C. W. Kreidel's Verlag, München.

Abb. 2.



Zum Aufsatz: Zeichnerisches Verfahren zur Feststellung von Geschwindigkeits-(s, V) Diagrammen der Dampflokomotiven.

1929
84. Jahrgang

Heft 4
15. Februar

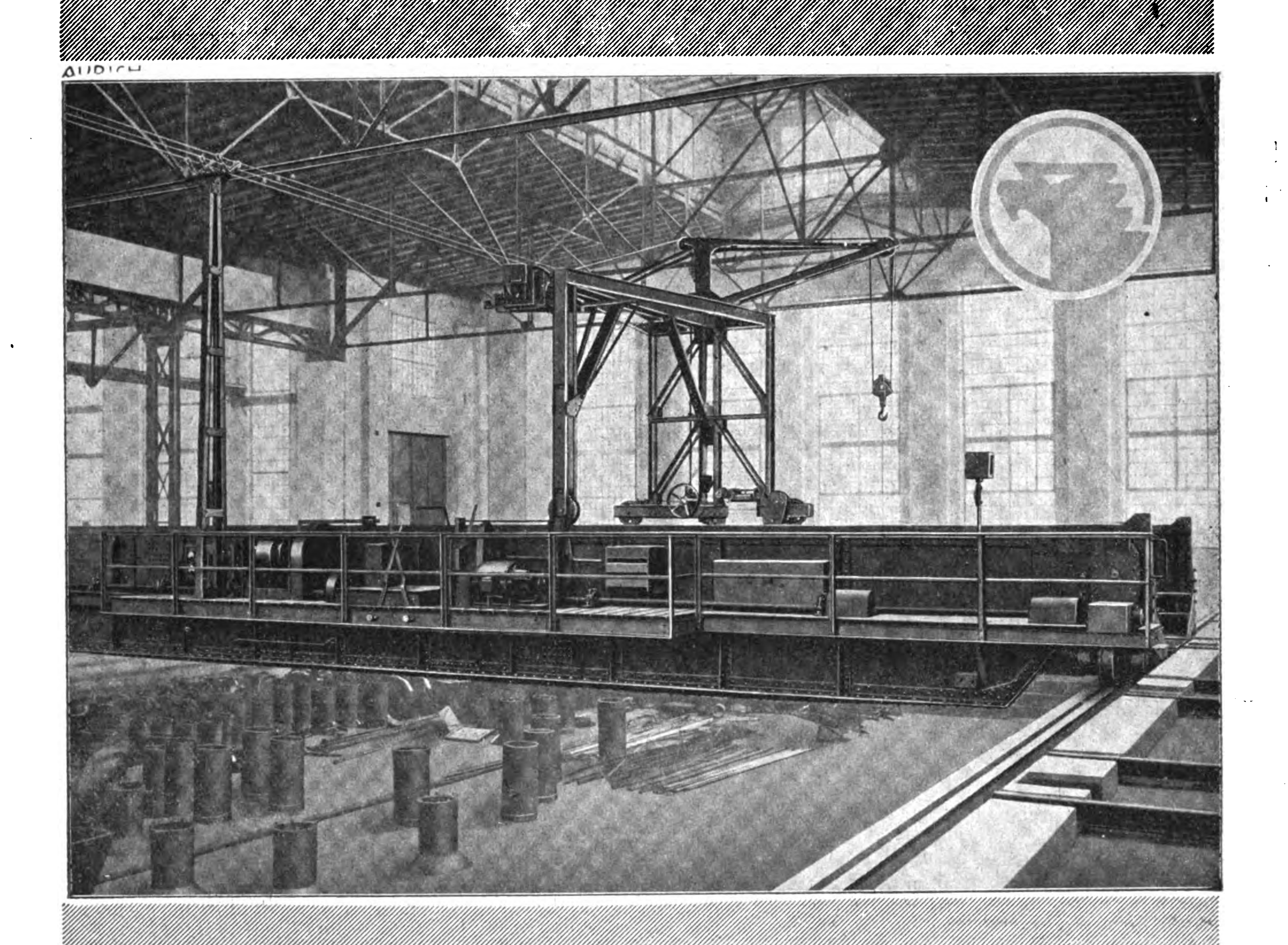
ORGAN
FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN
HERAUSGEGEBEN VON Dr. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.

Buchbesprechungen.





Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

84. Jahrgang | 15. Februar 1929 | Heft 4

Die Hubbrücke über den Königshafen in Rotterdam.

Von Ing. P. Joosting, Utrecht.

Im „Koningshaven" zu Rotterdam endet die wichtigste Schiffahrtsstraße vom Rhein nach der Nordsee und den Rotterdamer Hafenanlagen. Für den Eisenbahnverkehr von Amsterdam, Haag und Rotterdam nach Süddeutschland, Belgien, Frankreich und London über Vlissingen war über den „Koningshaven" eine zweigleisige Eisenbahnbrücke gebaut, die zwei je 80 m lange, feste Fachwerkbrücken mit untenliegender Fahrbahn aufweist, und zwischen diesen eine Fachwerkdrehbrücke mit obenliegender Fahrbahn, die ausgeschwenkt der Schiffahrt zwei Öffnungen von je 20 m Breite bot. Die alte Drehbrücke ist in Abb. 1 gestrichelt angedeutet.

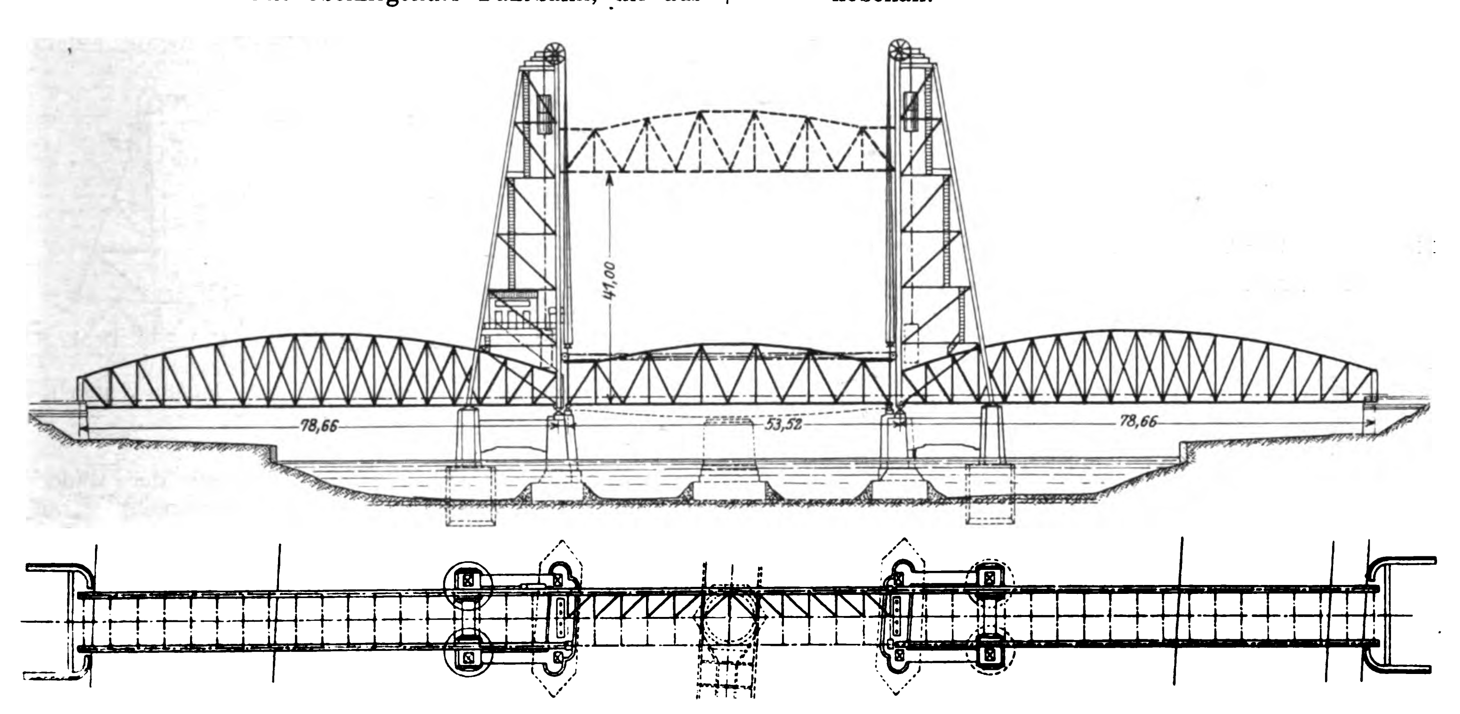


Abb. 1. Überbrückung des Königshafens in Rotterdam. Übersichtsplan.

Da die durch die Drehbrücke fahrenden Schiffe sowohl an Zahl wie an Größe stark zugenommen haben und auch der Eisenbahnverkehr eine bedeutende Steigerung aufwies, kam es zu Unzuträglichkeiten, die eine Verbesserung der Verhältnisse dringend notwendig machten.

Für die Rheinschiffahrt allein hätte eine feste Brücke alles geboten, was man verlangen konnte, wenn ihre Unterkante dieselbe Höhe erhalten hätte wie die festen Brücken über den Rhein oberhalb Rotterdam. Aber die dafür nötige Hebung der Gleise um 3 m wäre nur mit Aufwand großer Summen zu erreichen gewesen, weil die Zufahrtsrampen vollständig zwischen den Häusern eingeschlossen sind und der Boden sehr nachgiebig ist. Dagegen verlangte die Rücksicht auf die Seeschiffe, Schwimmkrane usw. gebieterisch eine bewegliche Brücke mit größerer Durchfahrtsweite als der vorhandenen.

Für die Verbesserung der Verhältnisse haben wir uns deshalb die folgenden Bedingungen gestellt:

a) Die Drehbrücke sollte ersetzt werden durch eine bewegliche Brücke anderer Art.

b) Mittelpfeiler für die bewegliche Brücke sollten ausgeschlossen sein.

c) Die Unterkante sollte bei geschlossener Brücke in derselben Höhe liegen wie die der festen Brücken nebenan.

d) Die Pfeiler der festen Brücken sollten nicht allzu schwer belastet werden.

e) Die bewegliche Brücke sollte in $1\frac{1}{2}$ Minuten für die Schiffahrt geöffnet oder geschlossen werden können.

f) Der Bau der beweglichen Brücke musste ohne Hilfsbrücke, ohne Störung des Eisenbahnverkehrs und ohne bedeutende Behinderung der Schiffahrt möglich sein. (Eine Hilfsbrücke konnte insbesondere deswegen nicht in Betracht kommen, weil die Zufahrtsrampen der Brücke vollständig von den Häusern eingeschlossen waren und eine seitliche Verschiebung der Gleise somit ausgeschlossen war.)

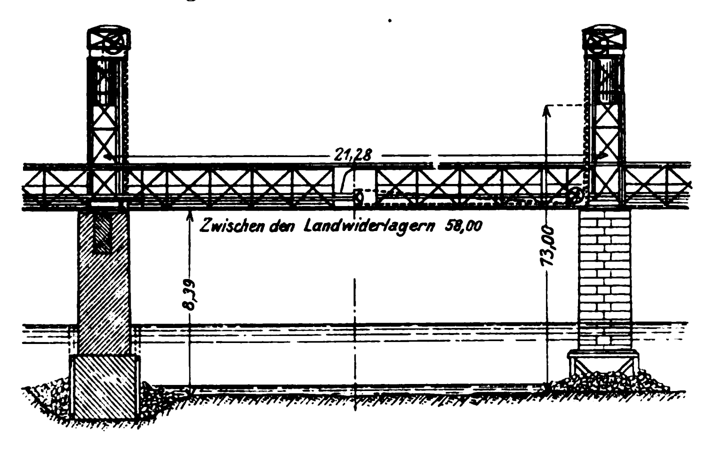
g) Endlich sollte die neue bewegliche Brücke eine spätere Hebung der Gleise um 3 m ohne Störung des Eisenbahnbetriebes möglich machen.

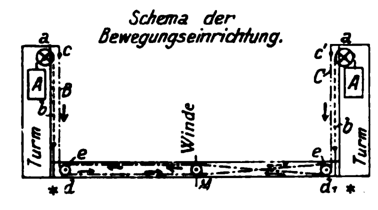
Diese Bedingungen konnten nur durch den Bau einer Hubbrücke restlos erfüllt werden.

Eine Hubbrücke ist bekanntlich eine bewegliche Brücke, bei der durch lotrechte Hebung eines Teiles des Brücken-

tragwerks der erforderliche Verkehrsraum unter der Brücke freigemacht wird.

Die ersten Hubbrücken wurden vor etwa 75 Jahren gebaut. Der Hubbrückenbau entwickelte sich am meisten in den Vereinigten Staaten Nordamerikas, die Hubhöhe blieb aber gering. Die meisten Hubbrücken wurden von Hand bewegt, in den Vereinigten Staaten aber auch wohl mittels Dampfmaschinen.





* Die von den Rollen e kommenden Seile sind am Fuß des Turmes befestigt.

Abb. 2. Hubbrücke in Alt-Ofen bei Budapest.

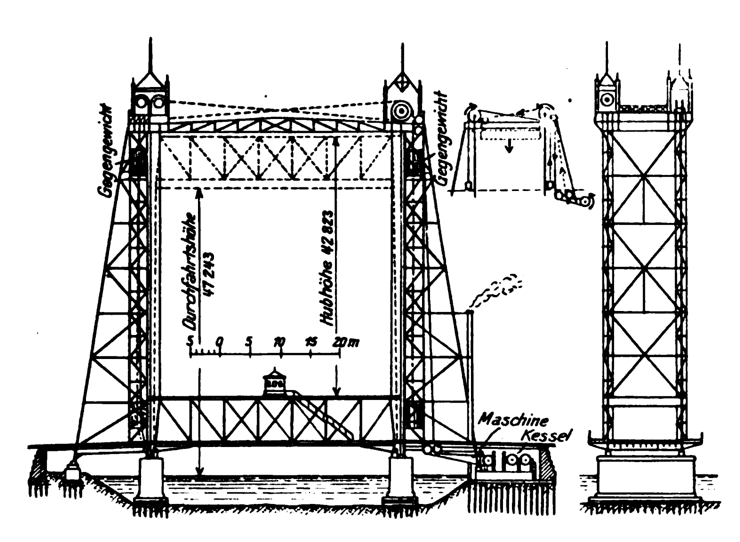


Abb. 3. Hubbrücke über den Chicago-Fluß in der South Halstedstraße zu Chicago.

Eine Beschreibung der verschiedenen Bauarten fällt nicht in den Rahmen dieses Aufsatzes. Es sollen hier aber doch drei bemerkenswerte Ausführungen genannt werden und zwar erstens die im Jahre 1884 in Alt-Ofen für die Donau-Schiffahrtgesellschaft erbaute, 6 m breite und 21 m lange Straßenhubbrücke (Abb. 2). An jeder der vier Ecken des beweglichen Brückenteiles befindet sich ein Turm, auf dessen Kopf ein Rad aufgestellt ist. Über die Räder führen Ketten, die an dem einen Ende Gegengewichte tragen, die das Gewicht der Brücke vollständig ausgleichen und die mit dem anderen Ende an der Brücke befestigt sind. In der Mitte jedes der beiden Hauptträger befindet sich eine Winde, mittels deren zwei auf gemeinschaftlicher Achse befestigte Kettenrollen in Bewegung gesetzt werden können. An jedem der vier Pfeilertürme ist ferner eine Kette angebracht und mit ihren beiden Enden am Fuß und am Kopf des Turmes befestigt. Diese Kette ist über am Trägerende befindliche Rollen und über eine der Rollen der Winde geschlungen. Durch Drehen der Winde in dem einen oder dem anderen Sinne muß ein Heben oder Senken der Brücke erfolgen. Mit dieser Vorrichtung können zwei Leute die rund 45 t wiegende Brücke in 7 Minuten um 4 m heben.

Diese Bewegungsart ist deswegen besonders bemerkenswert, weil fast alle großen und modernen Hubbrücken in den Vereinigten Staaten Nordamerikas nach diesem Grundgedanken gebaut worden sind.

An zweiter Stelle sei genannt die zehn Jahre später von dem bekannten amerikanischen Brückenbauer Waddell entworfene und gebaute Straßenhubbrücke über den Chicagofluß in Chicago, die erste Hubbrücke mit großer Hubhöhe von etwa 42 m (Abb. 3). Das Gewicht der rund 300000 kg wiegenden Brücke war auch wieder durch Gegengewichte ausgeglichen. Zum Heben und Senken diente anfänglich eine unter der Zufahrtstraße hinter einem der Widerlager aufgestellte Dampfmaschine, die zwei Seiltrommeln in Drehung versetzte, von denen ein erster Satz von Seilen im benachbarten Turm hochgeführt wird und über die nötigen Leitrollen und Scheiben zu dem zu bewegenden Brückenteil geht. Die Hälfte der Seile ist dabei über eine Eisenkonstruktion geführt, die die Köpfe der Türme verbindet. Ein zweiter Satz von Seilen, in entgegengesetzter Richtung auf die Trommeln aufgewunden, ist gleichfalls im Turm hochgeführt und geht über Leitrollen und Scheiben zu den Gegengewichten. Dreht die Maschine in einer Richtung, dann werden die an der Hubbrücke befestigten Seile auf die Trommeln gewunden, indem die an die Gegengewichte befestigten Seile ebensoviel abgewickelt werden, wodurch die Hubbrücke gehoben wird. Dreht die Maschine in entgegengesetzter Richtung, dann werden die Gegengewichte hochgezogen und somit die Brücke gesenkt.

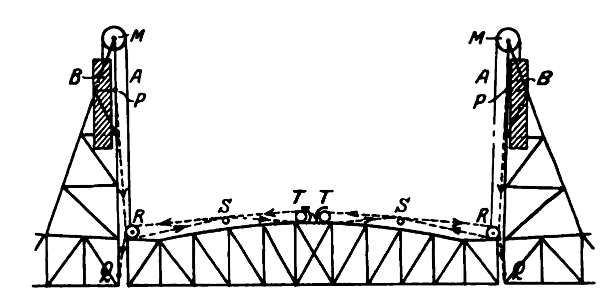


Abb. 4. Bewegungseinrichtung nach dem Patent Waddell und Harrington.

Ketten, von denen das eine Ende an der Brücke, das andere an dem Gegengewicht befestigt ist, gleichen in jeder Stellung der Hubbrücke den Unterschied zwischen den Gewichten der Seile an beiden Seiten der Rollen auf den Türmen aus.

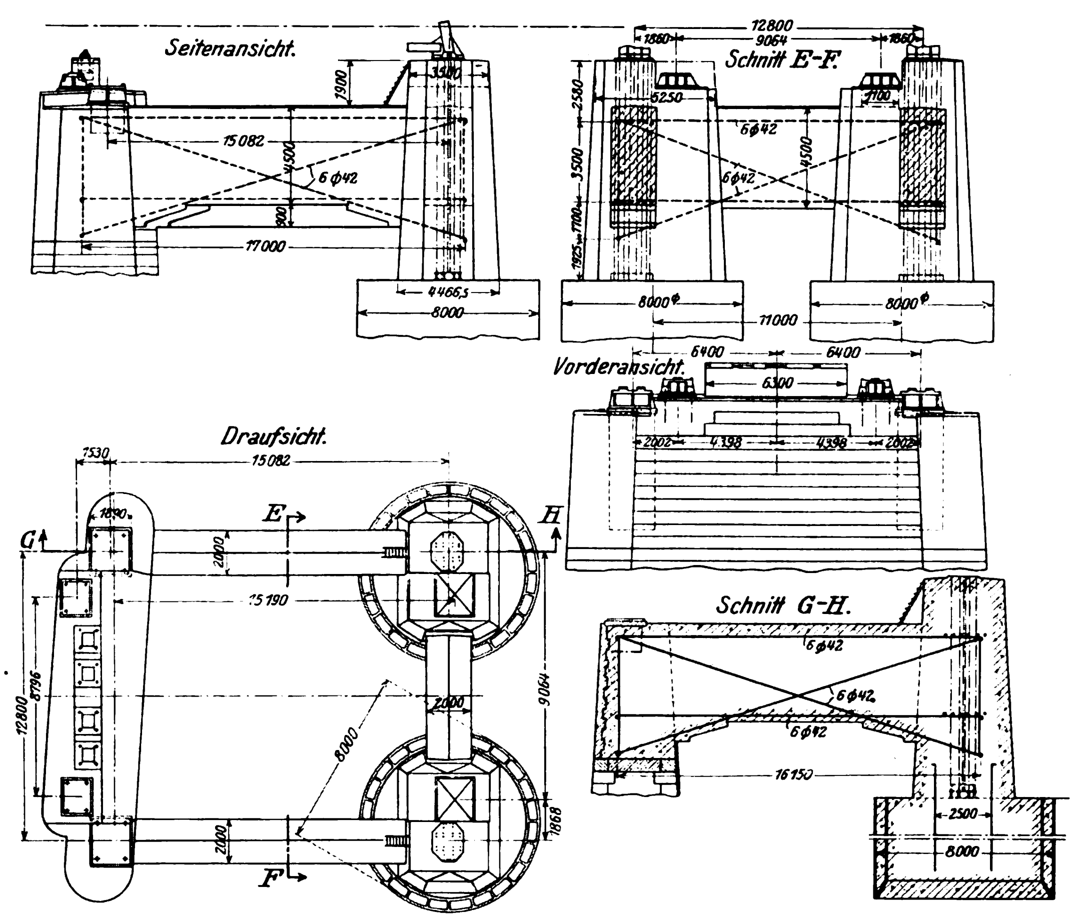
Obwohl diese Brücke sich sehr befriedigend verhielt, besonders seit in 1907 die Dampfmaschine durch einen Elektromotor ersetzt worden ist, sind doch viele Jahre vergangen, ehe andere große Hubbrücken dieser Art gebaut wurden.

Der große Aufschwung im Hubbrückenbau ist erst eingetreten, nachdem sich im Jahre 1909 die Firma Waddell and Harrington eine Anordnung zum Heben und Senken von Hubbrücken patentieren hatte lassen, die in Abb. 4

dargestellt ist. Der Antrieb ist in einer Kabine in der Mitte der Hubbrücke aufgestellt und besteht aus vier Seiltrommeln T, die durch eine und dieselbe, von zwei Elektromotoren angetriebene Welle bewegt werden. Von den Seiltrommeln gehen Seile unter Seilrollen, die an den Enden der Hubbrücke angeordnet sind nach den Köpfen der Türme und in entgegengesetzter Richtung auf den Trommeln aufgewundene Seile über Seilrollen an den Enden der Brücke nach den Füßen der Türme. Bei Drehung der Trommeln in einer Richtung werden die an den Köpfen der Türme befestigten Seile aufgewunden und die Brücke also hochgezogen, bei Drehung in entgegengesetzter Richtung dagegen werden die an den Füßen der Türmen befestigten Seile aufgewunden, so daß die Brücke hinuntergezogen wird.

ruhen mittels Kipplager auf den alten Pfeilern; für die schrägen Hinterstiele sind neue Pfeiler hinter den alten gebaut worden; weil aber an den alten Pfeilern ab und zu wagrechte Bewegungen wahrgenommen worden waren, sind die alten und die neuen Pfeiler durch horizontale Eisenbetonbalken zu einem festen Ganzen verbunden worden.

Um die Verankerungen für die Lager der Türme anbringen zu können, mußten die alten Pfeiler unmittelbar neben den Auflagern der festen Brücken teilweise senkrecht nach unten abgebrochen werden. Die Auflager der beiden festen Brücken sollten dafür vorübergehend vollständig entlastet werden, was sich am bequemsten erreichen hätte lassen, indem man die festen Brücken nach vorhergehender Verstärkung vorübergehend auf den neuen Pfeilern abstützte.



In der Draufsicht bezieht sich das Maß 9064 auf den Abstand der alten Brückenauflager; die Entfernung der Eckstützen des Turmes der Hubbrücke ist 12800 mm.

Abb. 5. Einzelheiten vom Unterbau der Hubbrücke über den Königshafen zu Rotterdam.

Eine große Zahl bedeutender Hubbrücken ist seit 1910 von der Firma Waddell and Harrington nach dieser ihr patentierten Bauart ausgeführt, die im Wesen die gleiche ist, wie die schon 1884 in Alt-Ofen gebaute Brücke.

Nach dieser kurzen Abschweifung kehren wir zu der Brücke über den Koningshaven zurück.

In erster Linie waren Hubtürme zu bauen. Wenn sich, wie hier, zu jeder Seite der Hubbrücke feste Brücken befinden, richtet man meistens die Türme auf den Obergurten der festen Brücken auf; in unserem Falle war das aber nicht angängig, einmal weil die Hauptträger der festen Brücken zu schwach waren und für das Gewicht der Türme nicht genügend verstärkt werden konnten und zum anderen weil man dadurch die alten Pfeiler, die die Auflager der festen Brücken tragen, zu schwer belastet hätte. Wir haben darum die Türme um die Enden der festen Brücken herumgebaut, unabhängig von diesen (Abb. 1). Die senkrechten Vorderstiele

Weil es aber von großer Wichtigkeit war, die alten Pfeiler, über deren Tragkraft man in Ungewißheit war, möglichst zu entlasten, lag es näher, die feste Brücke dauernd auf den neuen Pfeilern zu lagern und das überschiessende Ende auskragen zu lassen, wobei man die Abmessungen der neuen Pfeiler entsprechend vergrößerte. Hierdurch wurde erreicht, dass trotz der Belastung durch das Gewicht des Turmes und des beweglichen Brückenteiles der Druck des Pfeilers auf den Boden um nicht mehr als 25% vergrößert wurde. Die Auflagerung der festen Brücke auf den neuen Pfeilern bot noch einen Nebenvorteil und zwar den, daß dadurch die Kräfte in den Gurtungen dieser Brücke herabgesetzt wurden, so daß sie sich für eine größere Verkehrslast verstärken ließ, als sonst möglich gewesen wäre.

Weil die Schienenenden auf der festen Brücke die senkrechten Bewegungen des ausgekragten Teiles nicht mitmachen dürfen, sind die Längsträger des letzten Feldes mit dem

vorletzten Querträger beweglich verbunden, dann aber frei durch Löcher im Steg des letzten Querträgers geführt und mit ihrem freien Ende auf den alten Pfeilern in festen Lagern verspannt.

Die alten Pfeiler ruhen auf einem Betonkörper, der von einer Spundwand umschlossen ist. Weil Rammen unterhalb der festen Brücke nicht möglich war, wurden die neuen Pfeiler je auf zwei Senkbrunnen von 8 m Durchmesser gegründet. Die Brunnen reichten nur bis Niedrigwasser. Auf den Brunnen wurden Betonpfeiler aufgebaut, die unter sich und mit dem alten Pfeiler durch Eisenbetonbalken verbunden wurden (Abb. 5).

Ein wichtiger Punkt ist bei den Hubbrücken die lichte Höhe unter der gehobenen Brücke. Im allgemeinen wird man diese so wählen, daß die höchsten Schiffe, die man erwarten kann, zu jeder Zeit unter der gehobenen Brücke durchfahren können. Nun gibt es ein Paar Segelschiffe, deren Gestänge bis ungefähr 60 m über Wasser reicht. Weil aber diese Schiffe, wenn sie schon den Rotterdamer Hafen besuchen sollten, wohl kein Bedürfnis haben werden, eine Spazierfahrt auf dem Fluß stromaufwärts der Brücke zu machen und Brücken mit einer lichten Höhe von mehr als 45 m eine große Ausnahme bilden (die Forthbrücke in Schottland, die Brooklynbrücke in Neu York und die Towerbrücke in London haben eine lichte Höhe von ungefähr 40 m über Hochwasser, die Brücken über den Kaiser-Wilhelm-Kanal eine solche von 42 m über dem Wasserspiegel usw.), hat die Regierung bestimmt, daß die Rotterdamer Hubbrücke mit einer lichten Höhe von 45 m über Hochwasser gebaut werden solle, daß aber der Entwurf so einzurichten sei, daß eine nachträgliche Vergrößerung dieser Höhe bis 60 m zu jeder Zeit ohne Störung des Eisenbahnbetriebs und mit nur geringer Behinderung der Schiffahrt möglich sei.

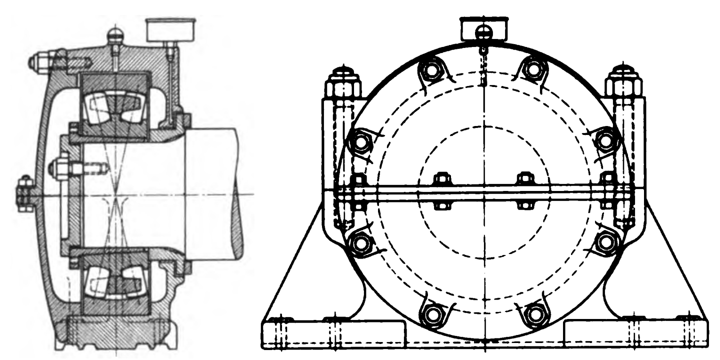


Abb. 6. Rollenlager für die Seilräder.

Die Türme sind nun entworfen für 60 m lichter Höhe der gehobenen Brücke. Bei der Ausführung sind aber vorläufig die oberen zwei Felder fortgelassen und die Seilräder mit ihrem Tragwerke entsprechend niedriger angebracht. Die Brücke kann nun bis 48 m über Hochwasser gehoben werden.

Sollte es nachträglich nötig werden, die gesenkte Hubbrücke um 3 m höher anzuordnen, so sollen die Türme in der jetzigen Höhe bleiben; es sollen nur die festen Brücken zwischen den Wänden der Türme um 3 m gehoben werden, wobei auch die Auflager des beweglichen Brückenteils 3 m höher gelegt werden. Bei der Anordnung der Querverbände der Türme ist mit dieser späteren Hebung der festen Brücken gerechnet.

Während der Ausführung hat die Regierung noch entschieden, daß die lichte Höhe unter der gesenkten Brücke schon möglichst bald um 1 m vergrößert werden soll, was ohne allzugroße Kosten ausgeführt werden kann; die Zahl der Rheinschiffe, die bei Hochwasser nicht unter der gesenkten Brücke durchfahren können, wird dadurch um $^6/_7$ verringert.

Der bewegliche Brückenteil ist aufgehängt an 48 Stahldrahtseilen von 40 mm Durchmesser, die mit einem Ende an der Brücke, mit dem anderen an den Gegengewichten befestigt sind. Die Seile liegen auf acht mit je sechs Seilrillen versehenen Stahlgußrädern, die einen Durchmesser von 3,60 m haben und je rund 7500 kg wiegen.

Der Reibungswiderstand in den Achsen dieser Räder hätte, wenn sie Gleitlager erhalten hätten, ungefähr die Hälfte der übrigen, gewöhnlich zu überwindenden Kräfte betragen und immer noch rund $^1/_4$ der unter den ungünstigsten Verhältnissen zu leistenden Kraft (unter Ausschluß dieser Lagerreibung). Es wurden daher die Achsen in Pendelrollenlager der schwedischen Kugellagerfabrik S. K. F. in Götheborg (Abb. 6) gelagert. Diese Rollenlager, die je einem Druck von rund 75000 kg ausgesetzt sind, bestehen aus einem Außen- und einem Innenring, zwischen denen zwei Reihen tonnenförmiger Rollen eingeschlossen sind. Weil das Innere des Außenringes genau nach der Form einer Kugel bearbeitet ist, können die Rollen sich seitlich verschieben und dadurch sich selbst richtig einstellen, wenn beim Aufstellen der Gehäuse ein kleiner Fehler entstanden ist.

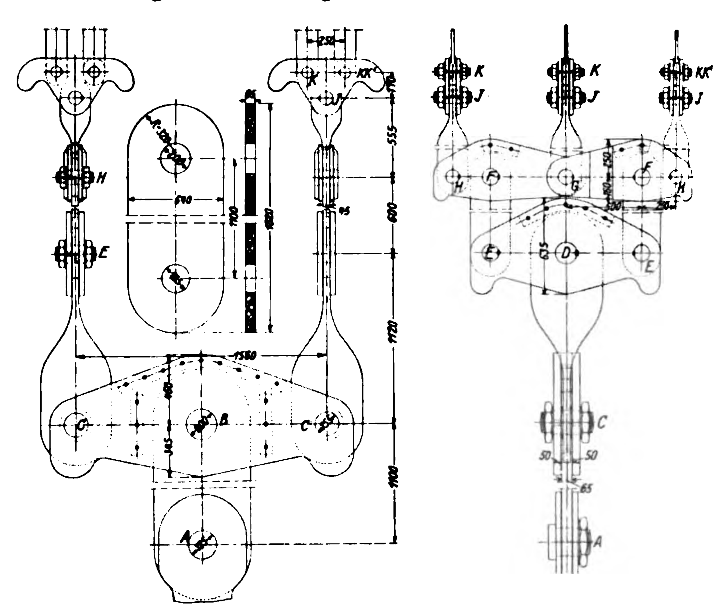


Abb. 7. Vorrichtung zum Aufhängen der Hubbrücke über den Königshafen zu Rotterdam an den Seilen.

Die Innenringe der Lager sind mittels Spannhülsen auf den Achsen befestigt, so daß die Rollenlager im Fall einer Beschädigung ohne große Schwierigkeiten ausgewechselt werden können.

Ein weiterer Vorteil dieser Lager ist, daß sie fast keinerlei Wartung bedürfen. Nur einmal im Jahre müssen die Gehäuse geöffnet, die Lager gereinigt und die Gehäuse mit Fett angefüllt werden. Gleitlager hätten dagegen ein- bis zweimal in der Woche geschmiert werden müssen. Nun ist es sicher, daß diese Arbeit in einer Höhe von rund 60 m bei ungünstigem Wetter, besonders im Winter, bisweilen vernachlässigt worden wäre und daß eine genaue Überwachung schwierig zu führen gewesen wäre. Dagegen kann man sich sehr leicht die Sicherheit verschaffen, daß die jährliche Untersuchung der Rollenlager, die in der günstigen Jahreszeit vorgenommen werden kann, vorschriftsmäßig ausgeführt wird.

Die Seile sind mit den Gegengewichten unmittelbar verbunden, mit der Brücke aber an jeder der vier Ecken

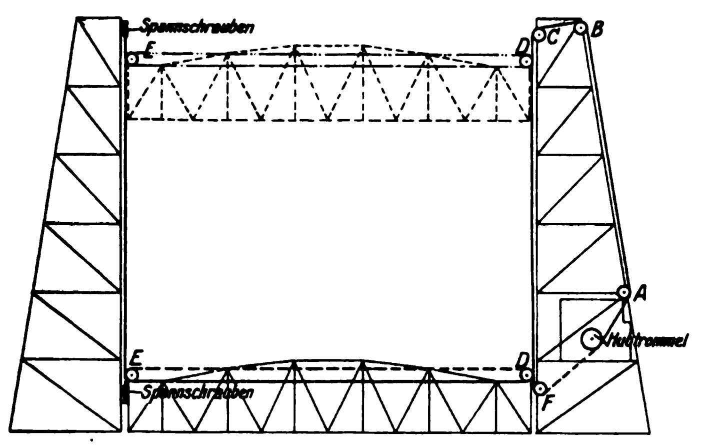


Abb. 8. Hub- und Senkseile der Hubbrücke über den Königshafen zu Rotterdam.

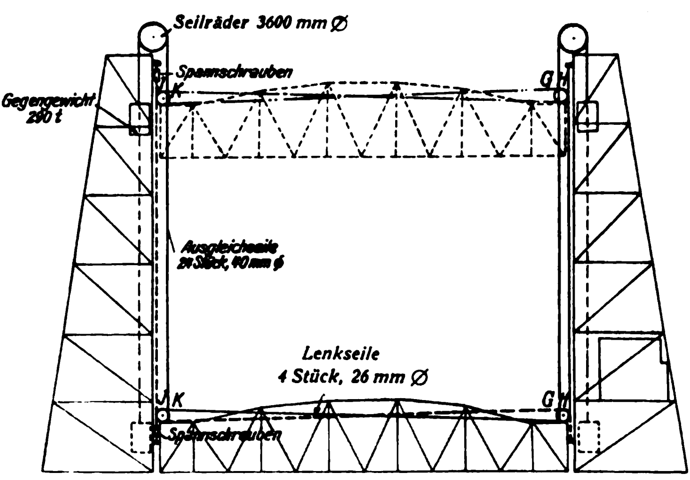


Abb. 9. Ausgleich- und Lenkseile.

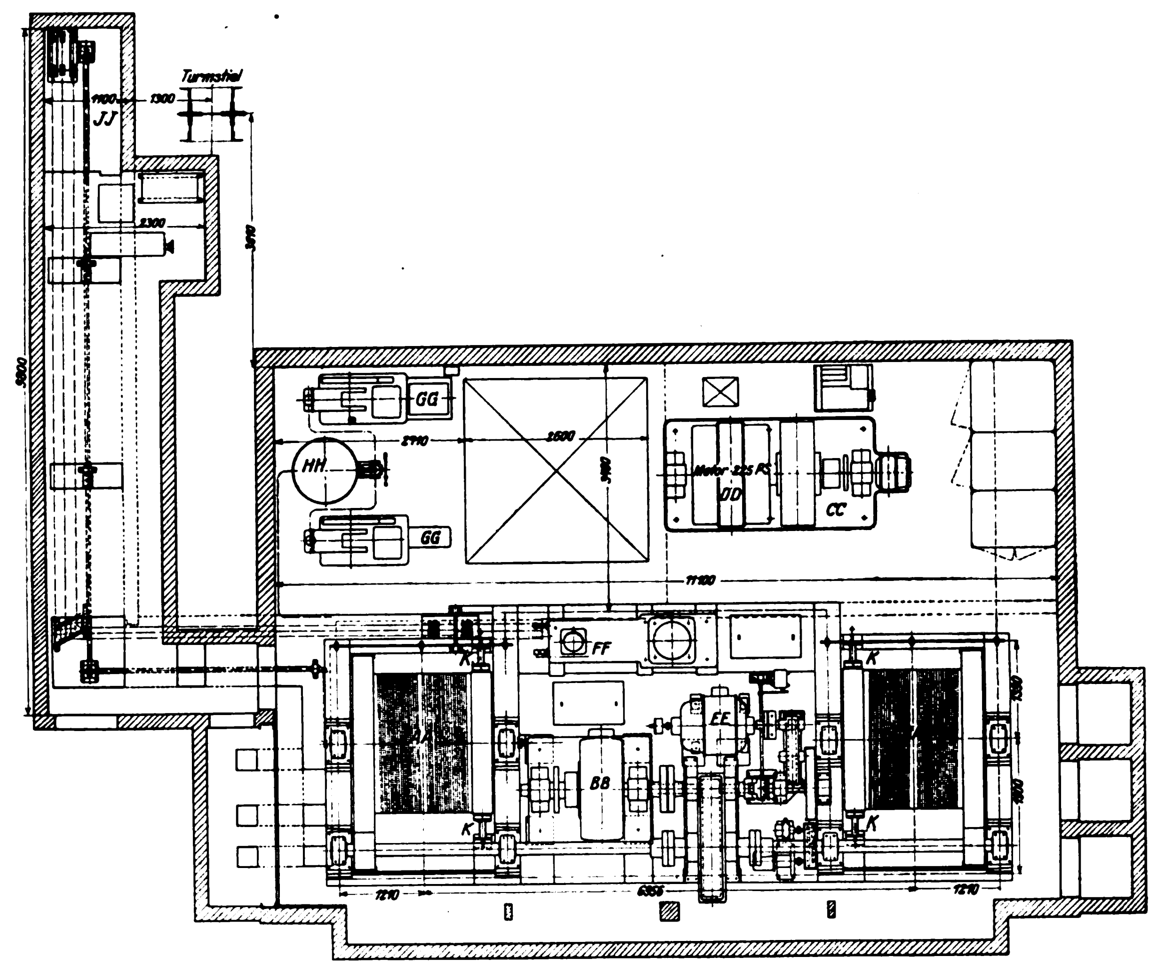


Abb. 10. Maschinenhaus.

mittels eines Hebelsystems (Abb. 7), das eine gleichmäßige Verteilung der Kraft auf die zwölf Seile gewährleistet.

Die große Breite der an den Enden der Seile angegossenen Seilmuffen machte es unmöglich, die Befestigung der Seile am Gegengewicht in eine Gerade zu legen. Um nun doch einer Änderung der Kräfte in den verschiedenen Seilen während der Bewegung der Brücke vorzubeugen, sind die Seile in geringem Abstand über den Seilmuffen mittels Seilklemmen in eine senkrechte Ebene übergeführt.

Die zwei Gegengewichte sind Betonkörper mit Eisengerippe.

Der genaue Gewichtsausgleich wird erreicht durch kleine Betonkörper, die nach Bedarf in einen mit Riffelblech abgedeckten Kasten im oberen Teil der Gegengewichte untergebracht werden.

Der zu hebende Brückenteil unterscheidet sich von einer gewöhnlichen festen Balkenbrücke nur durch die später zu beschreibenden Seilscheiben und -rollen, durch die Aufhängevorrichtung und die Führungsrollen an den vier Ecken und durch die Auflager. An jeder Ecke der Brücke befindet sich oben eine feste Leitrolle, eine sogenannte Sturmrolle, die den seitlichen Winddruck von der Brücke auf den senkrechten Stiel des Turmes überträgt. Eine zweite Rolle, die mittels einer Feder gegen die Vorderseite des Stieles gedrückt wird, begrenzt die Bewegung der Brücke in ihrer Längsrichtung. Die festen Auflager bestehen aus einem Unterteil und einem

Oberteil. Der untere Teil ist auf dem Pfeiler aufgestellt und hat zwei 12 cm hohe, schräge Seitenbacken, der obere Teil hängt an der Brücke und hat ebenfalls zwei schräge Backen, die aber senkrecht zu der Längsachse der Brücke stehen. Beim Senken der Brücke zwingen die Backen die Brücke in die richtige Lage.

Auf dem festen Teil des beweglichen Auflagers befindet sich ein Pendel, das durch Blattfeder in senkrechter Stellung gehalten wird. Einer Bewegung des Brückenendes nach der Längsrichtung setzen diese Federn aber nur geringen Widerstand entgegen. Seitliche schräge Backen an dem an der

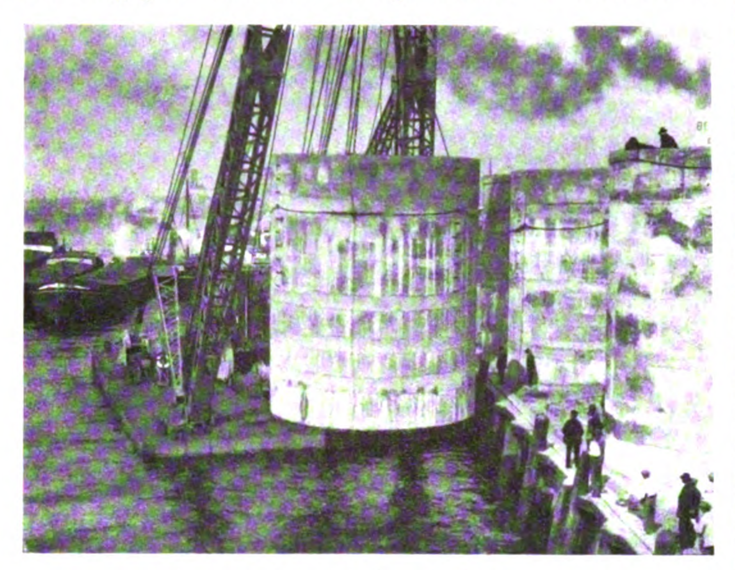


Abb. 11. Ablassen eines Senkbrunnens.

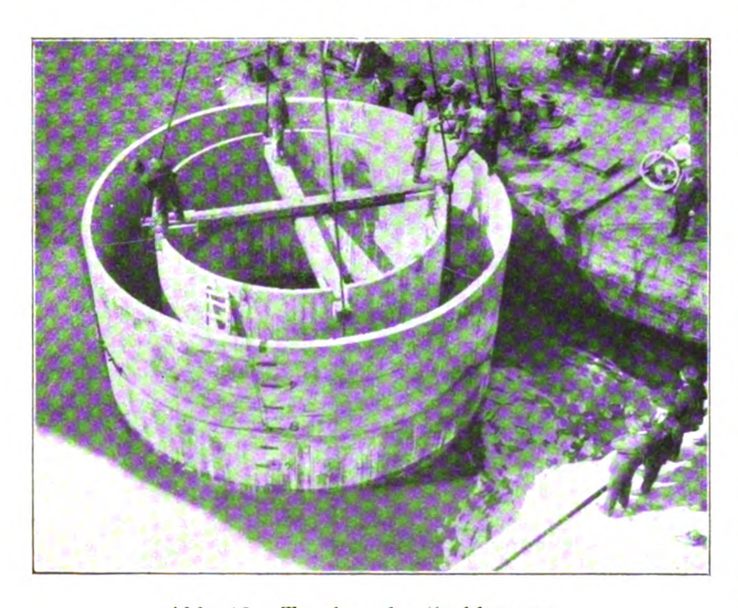


Abb. 12. Tauchen der Senkbrunnen.

Brücke hängenden Auflagerteil bringen das Brückenende in seitlicher Richtung in die richtige Lage, so daß die Schienenenden des beweglichen Brückenendes sich in die Stühle auf dem Pfeiler lagern, die auch die festen Schienenenden tragen.

Für die Bewegung der Brücke war anfänglich die obengenannte, in Amerika gebräuchliche, von Waddell und Harrington patentierte Vorrichtung in Aussicht genommen. Als aber bei der Ausarbeitung des Entwurfs klar wurde, daß die Kabine mit der maschinellen Anlage ein Gewicht von weit über 100000 kg haben werde, schien es geraten, eine andere Anordnung zu suchen. Es konnte doch unmöglich wirtschaftlich sein, die ungefähr 600 t wiegende Brücke gerade in der Mitte mit mehr als 100 t ständig zu belasten, was nicht nur für die Stäbe der Brücke, sondern auch für die der Türme größere Querschnitte bedingen mußte. Hierbei darf nicht übersehen werden, daß eine Zunahme des Gewichtes der Brücke und derer ständigen Last eine ebensogroße Zunahme der Gegengewichte bedingt. Deshalb wurde die Kabine mit der Bewegungsvorrichtung im zweiten Felde des südlichen Turmes angeordnet, wie aus Abb. 8 zu sehen. Sie umfaßt nur zwei Seiltrommeln von 2 m Durchmesser. Die vier 26 mm starken Hubseile sind im Turm über Seilscheiben A, B und C geführt, gehen dann unter Seilscheiben bei D und E an den zwei Brückenenden durch und sind mittels Spannschlössern an dem Kopf des nördlichen Turmes befestigt. Die Senkseile, die in entgegengesetzter Richtung auf die Trommeln gewunden sind, gehen unter Seilscheiben F am Fuß des südlichen Turmes durch, dann über Seilscheiben bei D und E an den Enden der Brücke und sind an einer Spannvorrichtung am Fuß des nördlichen Turmes befestigt. Beim Aufwinden der Hubseile wird die Brücke gehoben, beim Aufwinden der Senkseile wird sie gesenkt. Um die Brücke während der

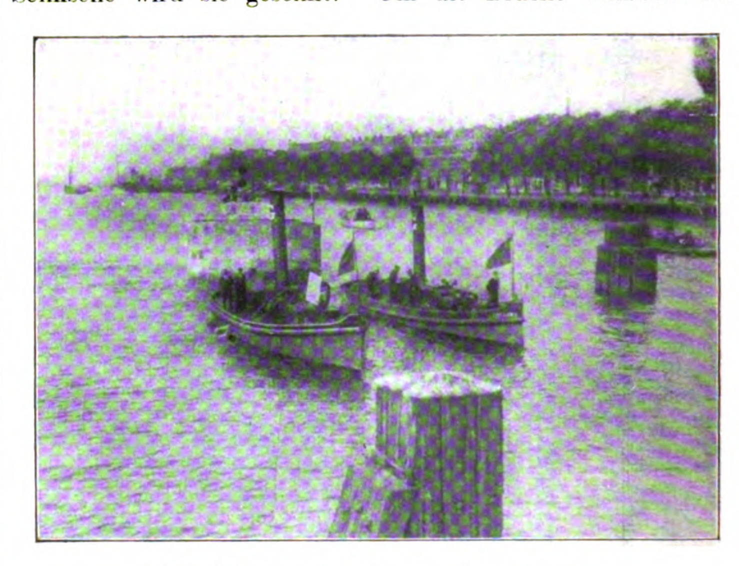


Abb. 13. Anschleppen der Senkbrunnen.

Bewegung in wagrechter Lage zu halten, sind noch vier 26 mm starke Seile angebracht (Abb. 9). Zwei sind am Fuß des südlichen Pfeilers befestigt, gehen über eine Scheibe bei G H am südlichen Brückenende, unter eine Scheibe bei bei J K am nördlichen Brückenende und sind mittels Spannschlössern am Kopf des nördlichen Turmes befestigt; die anderen zwei sind in entgegengesetzter Richtung vom Fuß des nördlichen Turmes über eine Seilscheibe bei J K unter eine Scheibe bei G H nach dem Kopf des südlichen Turmes gespannt.

Abb.10 auf voriger Seite zeigt den Grundriß des Maschinenhauses. Die zwei Seiltrommeln AA werden mittels eines Zahnradvorgeleges angetrieben durch den 200pferdigen Gleichstrommotor BB. Dieser erhält seinen Strom von einem Leonard-Umformer CC, dessen 225pferdiger Drehstrommotor an das städtische Netz von 5000 Volt Spannung angeschlossen ist. Der vom Drehstrommotor angetriebene Gleichstromerzeuger wie der von letzterem gespeiste Windwerksmotor haben Fremderregung durch eigene Erregermaschine. Diese Vorrichtung ist imstande, die Brücke in einer Minute um 41 m zu heben. Ein 30pferdiger Gleichstrommotor EE, der seinen Strom unmittelbar vom städtischen Netz von 440 Volt erhält, dient als Reserve und kann die Hebung in 8 Minuten besorgen. Dieser Zeitbedarf ist selbstverständlich viel zu lang für den regelmäßigen Betrieb; der Reservemotor dient aber auch

hauptsächlich nur dazu, die gehobene Brücke im Fall einer Störung im Hochspannungsnetz wieder auf ihre Auflagern zu bringen, so daß der Eisenbahnverkehr nicht gestört wird. straße nach allen Seiten gut übersehen. In dieser Kabine befinden sich der Steuerhebel, mit dem der Brückenwärter die Fahrrichtung und die Fahrgeschwindigkeit der Brücke

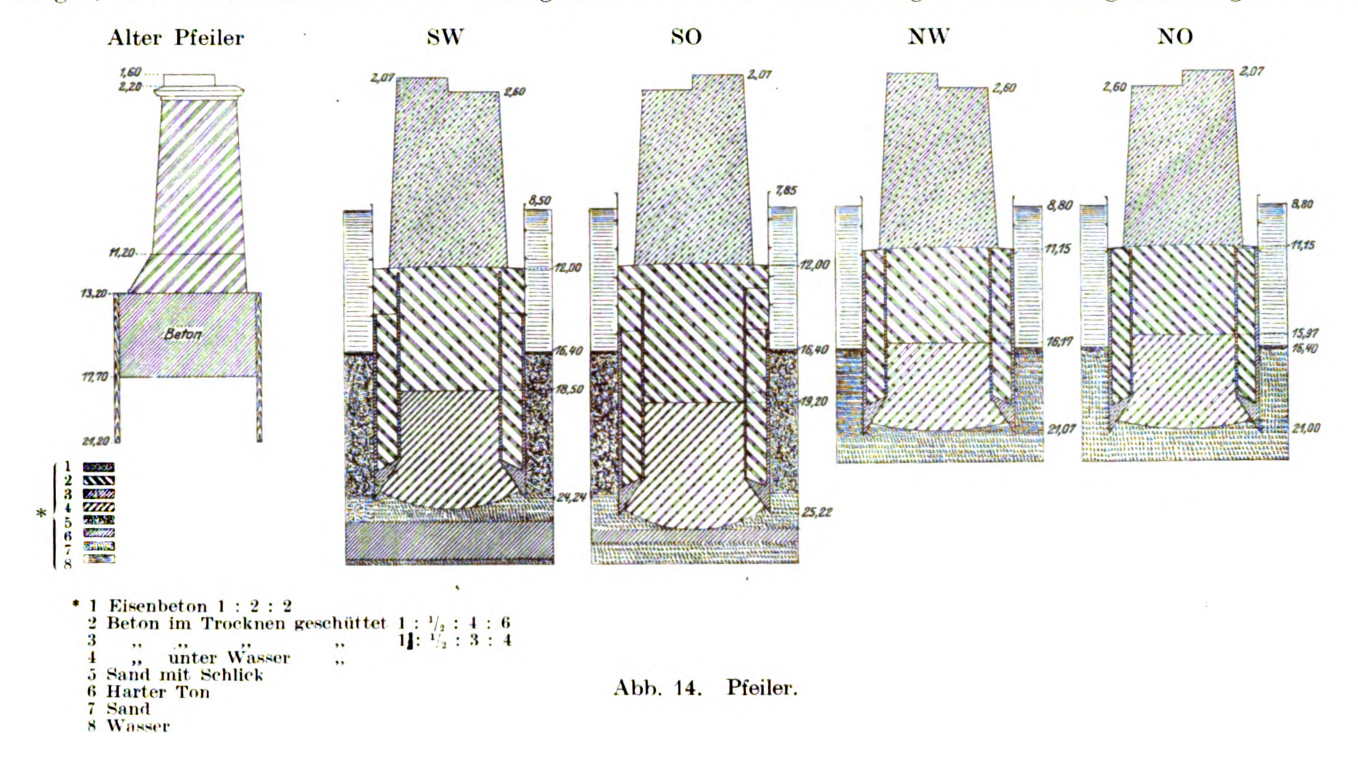


Abb. 14. Pfeiler.

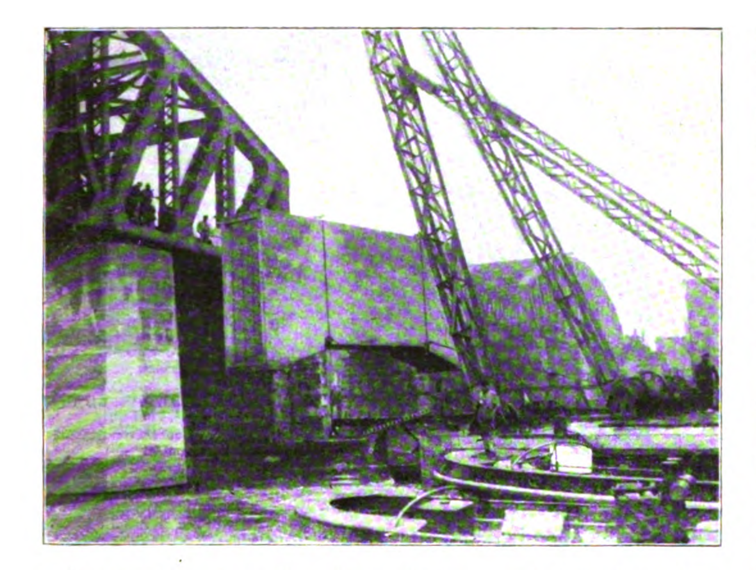


Abb. 15. Einsetzen eines Kuppelbalkens zwischen dem alten und dem neuen Pfeiler.

Einmal am Tage, während einer Zugpause von 40 Minuten, kann der Reservemotor die Brücke für die Schiffahrt heben.

Eine Luftdruckbremse FF mit Bremsklötzen K gestattet dem Brückenwärter, die Seiltrommeln AA stoßfrei abzubremsen. Die Druckluft wird hergestellt durch zwei Kompressoren GG, die die Luft in den Windkessel HH pressen. Der eine Kompressor wird mittels eines Drehstrommotors, der andere mittels eines Gleichstrommotors angetrieben, die selbsttätig eingeschaltet werden, sobald der Druck im Windkessel unter $5\frac{1}{2}$ atm sinkt und wieder ausgeschaltet werden, wenn der Druck von 7 atm erreicht ist.

Der Führerstand befindet sich bei JJ in einer kleinen Kabine, neben einem der senkrechten Stiele des südlichen Turmes. Der Brückenwärter kann von da aus die Fahr-

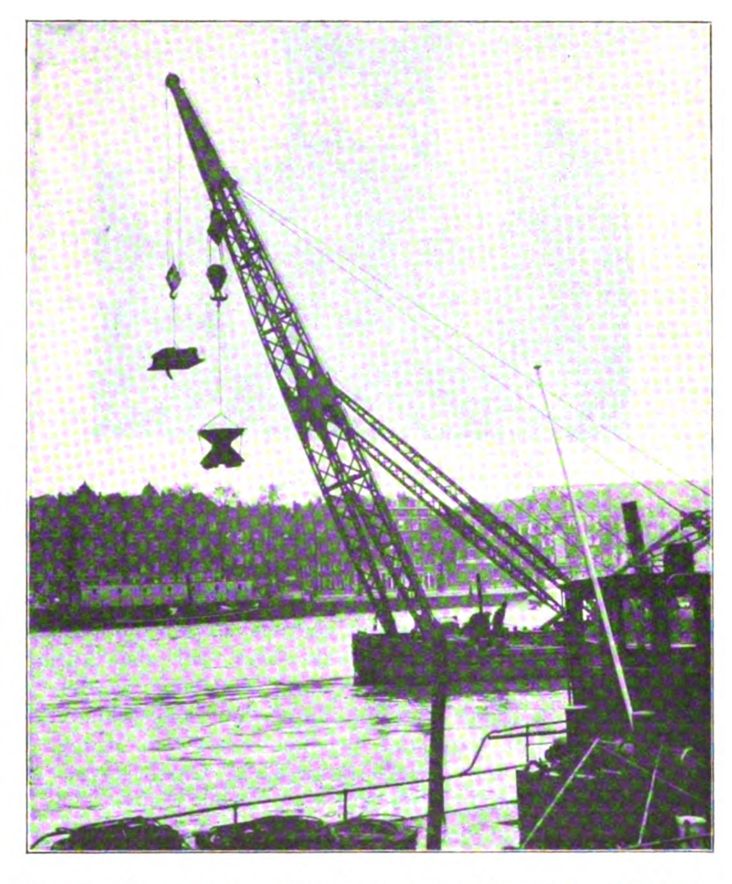


Abb. 16. Einsetzen eines Kipplagers vom Eckstiel der Hubtürme mittels Schwimmkrans.

regelt, und der Bremshebel, mit dem er den Druck der Bremsklötze abstimmt. Der Brückenwärter kann die Geschwindigkeit der Brücke nur allmählich beschleunigen. Sobald die

Brücke beim Heben oder beim Senken sich der Endstellung nähert, stellt sich der Steuerhebel selbsttätig in die Nullstellung. Der Motor BB wirkt dann als Dynamo und verzögert so die Geschwindigkeit allmählich bis auf 10 cm/Sek. Sobald die Brücke dann beim Heben die erforderliche Höhe erreicht hat oder beim Senken auf einem Grenzanschlag angekommen ist, tritt die Bremse selbsttätig in Wirkung. Dasselbe geschieht, wenn der Hauptstrom des Hebemotors zu kräftig werden sollte, wenn der Ölschalter des Drehstrommotors auslöst, wenn der Magnetstrom des Hebemotors zu schwach wird, wenn die Spannung des Erregers einen bestimmten Wert unterschreitet, wenn der Luftdruck im Windkessel unter einen gewissen Wert sinkt, usw. Kurz, man kann sagen, daß auch ein nicht geübter Brückenwärter keine größeren Unfälle herbeiführen kann.

Ein Höhenanzeiger zeigt dem Brückenwärter, in welcher Höhe sich die Brücke befindet. Wenn sie beim Senken sich ungefähr 1,63 m über den Auflagern befindet, fängt ein besonderer Zeiger an, die Höhenänderungen in größerem Maßstab anzugeben.

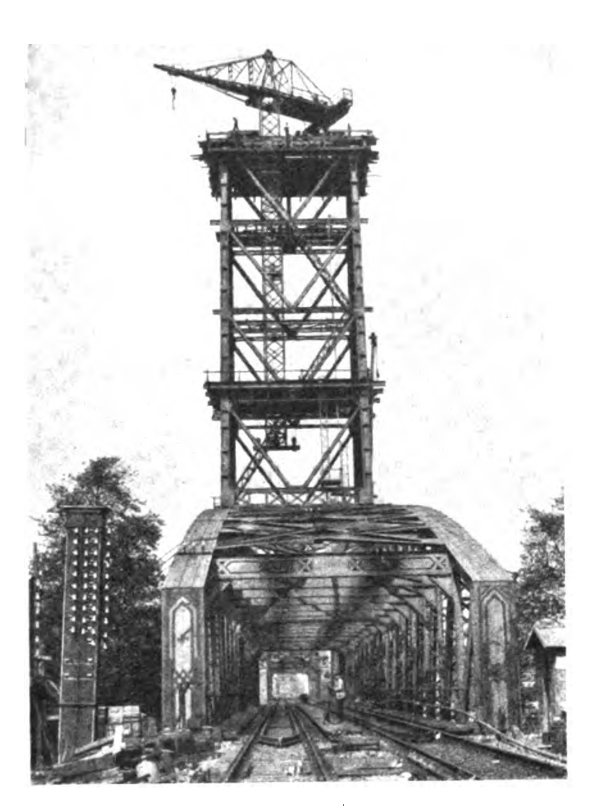


Abb. 17. Montagekran.

Ist die Brücke auf ihren Auflager angelangt, dann werden die Trommeln noch etwas weiter gedreht, so daß die Senkseile gespannt werden und die Brücke fest auf die Auflager drücken. Durch die Wirkung eines Zeitrelais werden die Seiltrommeln in dieser Stellung durch die Bremsklötze festgelegt. Erst dann kann der Brückenwärter den Motor, der die Verriegelung der Brücke besorgt, in Gang setzen und sodann die Eisenbahnsignale auf freie Fahrt stellen.

Am Tage zeigt ein 2000 Kerzen starkes weißes Licht, in der Nacht ein grünes Licht am südlichen Turm (in der Höhe der Unterkante der gehobenen Brücke angebracht), daß mindestens eine lichte Höhe von 45 m über Hochwasser frei ist. Sobald die Brücke sich wieder senkt, werden diese Lichter gelöscht; nachts wird dann ein rotes Licht gezeigt.

Nach dieser Beschreibung des Entwurfs seien noch einige Mitteilungen über den Bau der Brücke angefügt.

Die Gute Hoffnungshütte in Oberhausen, die sich mit der Holländischen Gesellschaft für die Ausführung von Eisenbetonbauten zusammengetan hatte, machte bei der öffentlichen Verdingung das billigste Angebot für den Bau der Pfeiler, die Verstärkung der festen Brücken, die Herstellung der Hubbrücke mit Türmen, den Umbau der Drehbrücke, die Auswechslung der Drehbrücke über die Maas bei Dordrecht gegen die umgebaute Rotterdamer Drehbrücke, den Abbruch der überflüssig gewordenen Mittelpfeiler und Leitwerke und schließlich den Bau neuer Leitwerke. Die Firma Kloos en Zonen's Werkplaatsen in Kinderdijk (Holland) gab das zweitbilligste Angebot ab. Die Gute Hoffnungshütte wurde mit der Ausführung der Arbeiten betraut.

Die Senkbrunnen sollten nach dem Entwurf aus einer Außenwand und einer Innenwand gebildet werden, so zwar, daß an dem unteren Ende eine Schneide entstand, wobei die zwei Wände durch Querschotten verbunden werden sollten.

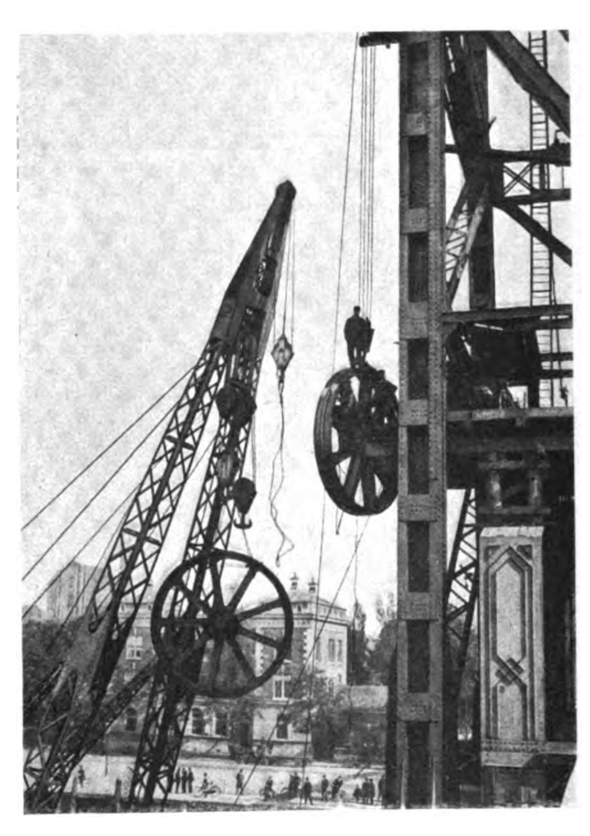


Abb. 18. Hochziehen der Seilräder mittels des Montagekrans.

Die Brunnen sollten an anderer Stelle angefertigt und dann schwimmend nach der Baustelle gebracht werden, wo sie dadurch abgesenkt werden sollten, daß die Räume zwischen den Wänden mit Wasser gefüllt würden. Die Holländische Gesellschaft beantragte aber eine Konstruktion ohne Querverbindungen zwischen Außen- und Innenwand. Zwar mußten dann die Außenwände kräftiger ausgebildet werden, aber der Mehraufwand an Eisenbeton wurde nach der Meinung des Unternehmers wett gemacht durch die Ersparnisse an Schalungskosten.

Nach Genehmigung dieses Antrags wurden die Brunnen am Ufer des Waalhafens in Holland angefertigt. Für die äußeren Schalungen wurden gebogene, durch angenietete Winkeleisen versteifte Bleche benutzt; durch Schrauben in den senkrechten Versteifungswinkeln wurden sie zu einem 1,50 m hohen Ring verbunden. An der Innenseite wurden Holzschalungen verwendet. Durch Verwendung von Dyckerhoff-Doppelzement war es möglich, bereits vier Tage nach

der Betonierung eines Ringes von 1,50 m Höhe die Schalungen zu entfernen und um 1,50 m höher aufzustellen, so daß auf den unteren Ring weiter aufgebaut werden konnte. Die vier Brunnen wurden bei einer Höhe von je 10 m in dieser Weise binnen sechs Wochen fertiggestellt. Ein Schwimmkran brachte sie ins Wasser (Abb. 11 und 12) und Schleppdampfer besorgten das Einschwimmen auf die Baustelle (Abb. 13). Hier wurde der ringförmige Raum zwischen den Wänden mit Wasser gefüllt; dadurch wurden die Brunnen bis auf die Flußsohle gesenkt; mittels eines Greifbaggers wurden dann die Bodenmassen aus dem Brunnen ausgehoben und die Brunnen so bis auf die erforderliche Tiefe weiter gesenkt, nachdem vorher auf dem oberen Rand der Außenwand die gebogenen, mit Winkeleisen versteiften Bleche, die als Schalung bei der Anfertigung der Brunnen gedient hatten, befestigt worden waren, um das Hochwasser abzuhalten (Abb. 14). Bei den zwei Brunnen für den nördlichen Pfeiler wurde den Sondierungen entsprechend im Untergrunde nur Sand angetroffen, bei den Brunnen für den südlichen Pfeiler dagegen fand sich bis zu der für die Unterkante der Brunnen in Aussicht genommenen Tiefe von 20,80 m unter Schienenoberkante nur Schlamm. Neue Sondierungen in den Brunnen zeigten, daß der Boden sehr unregelmäßig war und daß es erforderlich war, die Brunnen noch etwa um weitere 4 m zu senken. Die versteifte Blechwand, die das Hochwasser abwehren sollte, mußte dann selbstverständlich auch um 4 m erhöht werden, aber der untere Teil hätte dann 0,4 atm Wasserdruck mehr aufzunehmen gehabt, was ihm nicht zugemutet werden konnte. Daher wurden zuerst Eisenbetonringe von 2 m Höhe angefertigt, die denselben Durchmesser hatten wie die Innenwand des Brunnens; diese wurden auf den oberen Rand der Innenwand gestellt und dann wurde der ringförmige Raum zwischen Innenwand und Außenwand (zwischen dem Eisenbetonring und der versteiften Blechwand) mit Beton ausgefüllt (Abb. 14, Pfeiler SW und SO). Nun ließ man die zwei Brunnen durch Ausheben der Grundmassen weiter absinken, bis die Unterkante festeren Boden erreicht hatte. In die Brunnen wurde dann eine Schicht Beton (2 Zement, 1 Traß, 1 Kalk, 4 Sand, 7 Flußkies) von 4,50 bis 6 m Stärke unter Wasser eingebracht. Nach der Erhärtung des Betons wurde das Wasser aus den Brunnen entfernt und der Raum weiter bis zur Höhe des niedrigsten Wasserstandes mit Beton (1 Zement, ½ Traß, 4 Sand, 6 Flußkies) ausgefüllt. Hierauf wurden nun Betonpfeiler, die je aus zwei achteckigen Betonsäulen bestehen, aufgebaut.

Die neuen Pfeiler sollten, wie schon erwähnt, je durch zwei kräftige Eisenbetonbalken mit den alten Pfeilern verbunden werden. Um die kostspieligen Schalungen für diese schweren Balken zu vermeiden, wurden Kasten aus Eisenbeton hergestellt, die die äußere Form der Verbindungsbalken hatten. Diese wurden mittels eines Schwimmkranes in Aussparungen in den alten und in den neuen Pfeilern eingehängt und später, nachdem die Eisenarmierung darin angebracht war, mit Beton ausgefüllt (Abb. 15). Weil die Brunnen sich im Anfang noch um 3 bis 6 cm gesenkt hatten, wurden die Querverbindungen erst mit Beton gefüllt, als die Brücke fertig war und sämtliche Pfeiler die größte ruhende Last trugen, so daß weitere Senkungen nicht mehr wahrscheinlich erschienen. Abb. 14 zeigt, daß die neuen Pfeiler bedeutend tiefer gegründet wurden als die Unterkante der Spundwände der unmittelbar benachbarten alten Pfeiler liegt.

Wegen der geringen Entfernung der neuen Pfeiler von den alten (etwa 10 m) war hierbei die äußerste Vorsicht geboten. Es wurde dafür gesorgt, daß das Wasser in den Brunnen immer höher stand als außerhalb, damit einer Wasserbewegung unter der Schneide des Brunnens von außen

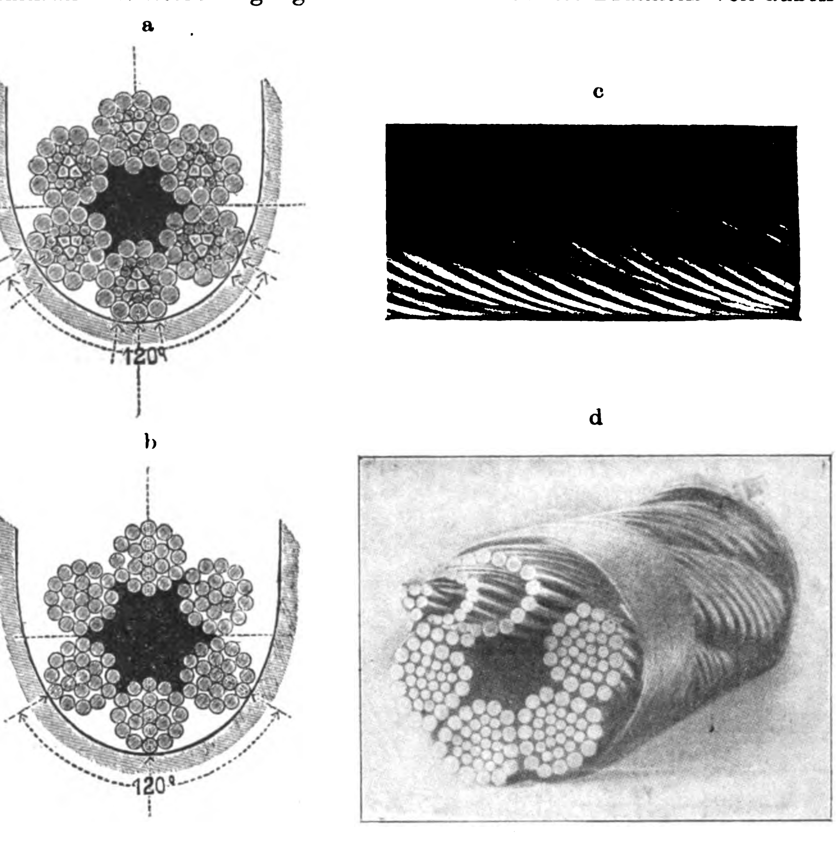


Abb. 19. Kabel.

a Seil mit Dreiecksträngen von Felten und Guilleaume,
b Seil mit runder Seele,
c Seile in Langschlag,
d Seil mit Dreiecksträngen von Hood-Haggie.

nach innen, die eine Unterspülung des alten Pfeilers hätte verursachen können, vorgebeugt wurde. Diese Fürsorgen haben sich als zweckdienlich erwiesen. Senkungen der alten Pfeiler waren auch bei genauesten Messungen nicht wahrnehmbar.

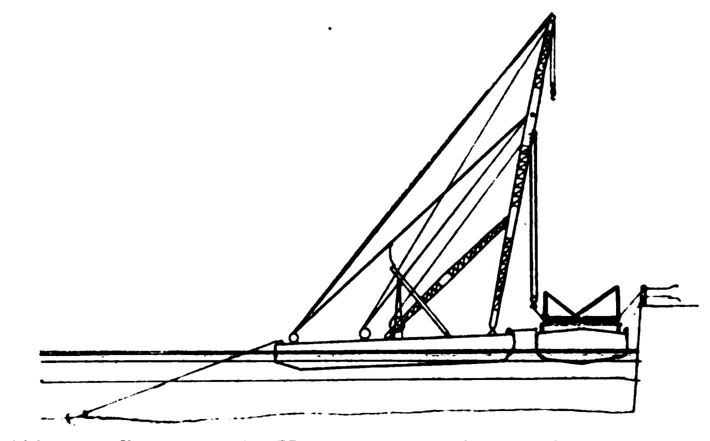


Abb. 20. Der westliche Hauptträger wird vom Schiff durch die Kräne abgehoben.

Die Verstärkung und der Umbau der festen Brücken umfaßte die Versteifung der Druckgurte, die Versteifung, Verstärkung oder Auswechslung verschiedener Schrägstäbe, die durch die Umstellung der Auflager bedingt war, und den

Einbau einer Strebe über dem neuen Auflager. Bei der Ausführung sind keine Schwierigkeiten vorgekommen.

Die Hubtürme sind in den Werkstätten der Gute Hoffnungshütte in Sterkrade angefertigt; die verschiedenen Teile wurden mit der Bahn nach Rotterdam auf den Kai in die unmittelbare Nähe der Baustelle gebracht, mittels eines Schwimmkranes vom Eisenbahnwagen gehoben und in dem Turm aufgestellt.

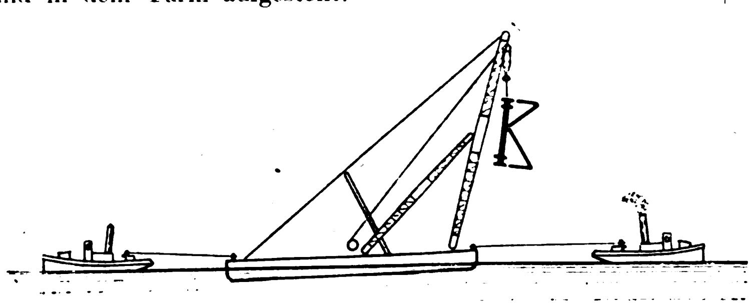


Abb. 21. Der westliche Hauptträger wird an die Brücke gefahren.

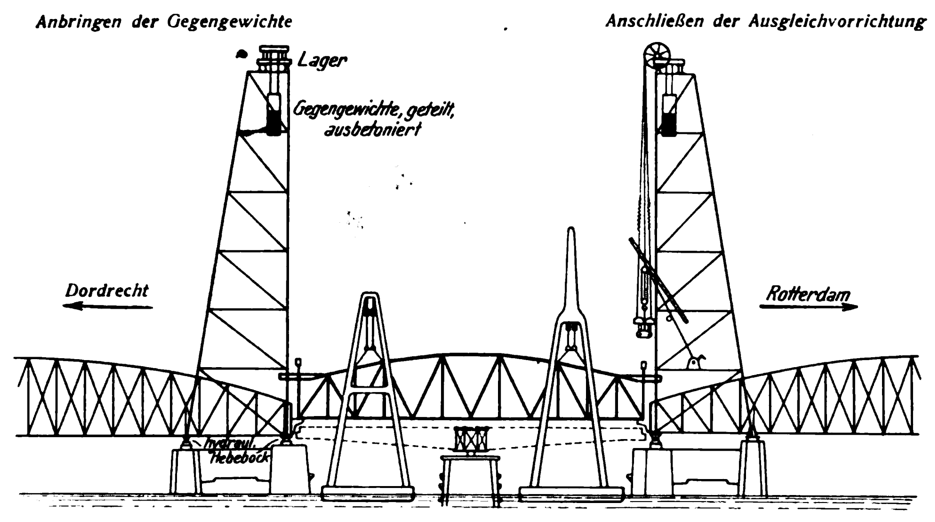


Abb. 22. Aufsetzen des westlichen Hauptträgers.

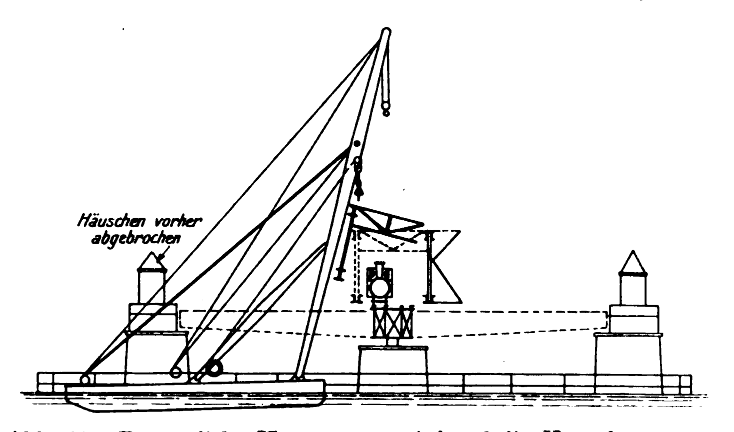


Abb. 23. Der östliche Hauptträger wird auf die Konsolen gesetzt.

Abb. 16 zeigt, wie die Kipplager für die senkrechten Stiele der Türme nach dem Pfeiler gebracht wurden. Auf diese Lager wurden die Stiele aufgesetzt. Dabei wurden Teile bis zu 20 m Länge und 30000 kg Gewicht bewältigt. Die Aufstellung ging sehr rasch. In drei Wochen waren die unteren drei Felder eines Turmes aufgebaut; leider erlaubte die Höhe der Schwimmkräne nicht, noch mehr Felder aufzustellen. Die G. H. H. ließ darum einen elektrisch angetriebenen Drehkran anbringen, dessen Stiel auf wagrechten Trägern ruhte, die mittels zweier Flaschenzüge an den Gerüstbalken des dritten Feldes aufgehängt waren (Abb. 17). Je nachdem es der Fortschritt der Aufstellung erforderte, konnte der Kran mittels dieser Flaschenzüge höher gezogen werden. Auch die großen Seilräder von 3,60 m Durchmesser und 7500 kg Gewicht wurden mittels dieses Kranes hochgezogen und aufgestellt (Abb. 18). Auf die Seilräder wurden nun die Gegengewichtsseile gehängt, wofür Seile aus Dreikantlitzen in Aussicht genommen waren. Anfänglich hatten wir mit einer Bruchfestigkeit der einzelnen Drähte von 180 kg/mm² gerechnet, um eine möglichst große Sicherheit zu erzielen. Als uns aber bei Besprechungen mit deutschen und englischen Firmen klar geworden war, daß eine zu große Sicherheit keinen Vorteil bietet und die Lebensdauer von Seilen aus weicherem Stahl größer sein kann als die von Seilen gleicher Querschnitte aus härterem Stahl, haben wir die Bruchfestigkeit der Drähte auf 140 bis 160 festgesetzt, wobei eine sechs- bis siebenfache Sicherheit gegen Bruch erreicht wurde. Die Dreikantlitzen werden nach zwei Arten hergestellt. Die Firma Felten und Guilleaume in Mülheim am Rhein baute die Litzen mit einer Seele aus drei Formdrähten aus weicherem Stahl, die zusammen ein Dreieck bilden (Abb. 19a u. c); die englische Firma Hood-Haggie verwendete eine Seele aus sechs zu einem Kern geflochtenen Runddrähten und zwar aus derselben Form wie die übrigen Drähte (Abb. 19b u. d). Nun behaupten einige Verbraucher, daß die Formdrähte der Seile von Felten und Guilleaume mehr angestrengt werden als die längeren Runddrähte, die schraubenförmig um sie gewunden sind; dadurch könnten sie nach einiger Zeit in kleine Stücke zerfallen, so daß deshalb die englischen Seile eine längere Lebensdauer haben. Ob dies zutrifft, ist nicht bekannt; weil aber der Preis der englischen Seile bedeutend höher war als der der deutschen Seile und wir die Lebensdauer der deutschen Gegengewichtsseile doch wohl auf ungefähr 25 Jahre glaubten annehmen zu dürfen, in welcher Zeit wir soviel an Zinsen gespart haben werden, daß wir uns für die Ersparnis neue deutsche Seile kaufen werden können, haben wir uns für die 40 mm starken Gegengewichtsseile zu der Bauart von Felten und Guilleaume entschlossen. Die Bewegungs- und die Führungsseile, die bedeutend mehr angestrengt werden und deshalb eine kürzere Lebensdauer haben werden, haben wir zur Hälfte von der Firma Felten und Guilleaume und zur anderen Hälfte von der Firma Hood-Haggie and Cie in New-Castle on Tyne bezogen, in der Hoffnung, dadurch Erfahrungen über die Bewährung der zwei verschiedenen Bauarten sammeln zu können.

Hierbei sei noch bemerkt, daß die Amerikaner vorschreiben, daß die Drahtseile mit angegossenen Muffen, bevor sie in die Brücke eingebaut werden, versuchsweise mit der Hälfte der Bruchlast belastet werden sollen. Bei einer Nachfrage an einer der bedeutendsten amerikanischen Drahtseilwerken bekamen wir aber die Nachricht, daß diese Probe zwar vorgeschrieben sei, aber nie ausgeführt werde und daß die Drahtseilwerke auch nicht auf diese Probe eingerichtet seien.

Die Firma Felten und Guilleaume hat sich für diese Streckprobe eigens eine Vorrichtung gebaut, womit man genau die bleibenden und die elastischen Dehnungen bei verschiedenen Belastungen feststellen konnte. Wir haben aber die Belastungen nicht so hoch getrieben wie es die amerikanische Vorschriften vorschreiben, weil bei Belastung mit der Hälfte der Bruchlast die Seile einer unerwünschten Überanstrengung ausgesetzt sein würden; wir haben uns vielmehr bei der Probe mit dem Zweifachen der Nutzlast begnügt, das ist also mit $^1/_3$ bis $^1/_4$ der Bruchlast.

Die Firma Hood-Haggie hatte sich keine Versuchseinrichtung für die von ihr zu liefernden Seile gebaut; wir haben daher selbst vor dem Einbau der Seile mittels Winden, Flaschenzügen und Kraftmessern eine Streckung vorgenommen, damit die bleibende Dehnung schon vorweg möglichst herausgeholt würde. Dabei zeigte sich, daß bei den englischen Seilen sowohl die bleibende wie auch die elastische Dehnung viel geringer war als die der deutschen und zwar war die bleibende Dehnung der englischen Seile ungefähr $^1/_5$ der bleibenden Dehnung der deutschen Seile. Für die elastische Dehnung war das Verhältnis 1:2. Ob man daraus Schlüsse ziehen darf auf die Güte oder die Lebensdauer der Seile, ist fraglich. Wohl aber beweist es, daß die Dehnungen der Seile verschiedener Hersteller große Unterschiede aufweisen können und es deshalb erwünscht ist, für Hubbrücken alle Seile, die demselben Zwecke dienen, von einer und derselben Fabrik zu beziehen.

Die vorherige Streckung der Drahtseile hat nicht verhindert, daß doch in den ersten Monaten nach der Inbetriebsetzung der Brücke die Bewegungsseile sich noch bleibend gedehnt haben, und zwar die englischen Seile um rund 0,80 m und die deutschen Seile rund 1,60 m für ein Hub- und ein Senkseil, also für eine Länge von 225 + 104 m. Bei der Streckung in der Fabrik mit der mindestens zweifachen Belastung war die bleibende Dehnung für dieselbe Länge bei den deutschen Seilen 1,15 m, bei den englischen 0,25 m. In der letzten Zeit haben die Seile sich kaum mehr gedehnt. Auch in Amerika hat man die Erfahrung gemacht, daß in den ersten zwei bis drei Monaten die Hub- und die Senkseile wiederholt nachgespannt werden müssen, daß aber nachher eine Dehnung nur in sehr geringem Maße auftritt.

Die Gegengewichtsseile werden sich wahrscheinlich auch etwas gedehnt haben, aber das Maß haben wir nicht festgestellt, weil diese Seile nicht nachgespannt werden. Daß die Dehnung jedenfalls für alle Gegengewichtsseile dieselbe gewesen sein muß, geht aber aus dem gleichen Stande der Hebel der Ausgleichvorrichtung hervor.

Die Montage des beweglichen Brückenteiles hatten wir folgendermaßen geplant. Dieser Teil sollte in den Werkstätten des Unternehmers einschließlich der Gleise vollständig fertiggestellt werden. Die Gegengewichte sollten ebenfalls zusammengebaut und in den Türmen an Stäben aufgehängt werden, die Gegengewichtsseile sollten auf die Seilscheiben gelegt und mit dem einen Ende an dem Gegengewicht, mit dem anderen an der Ausgleichsvorrichtung befestigt werden.

Der bewegliche Brückenteil sollte nun in solcher Höhe auf zwei Schiffe gelegt werden, daß es möglich sein würde, sie über die ausgeschwenkte Drehbrücke hinweg zwischen die Türme einzuschwimmen. In dieser Stellung sollten dann die an den Gegengewichtsseilen hängenden Ausgleichvorrichtungen an der Brücke befestigt werden, wozu man nur vier Bolzen einzuschieben gehabt hätte. Sodann sollten die Gegengewichte gesenkt und somit die Brücke hochgezogen werden. In dieser gehobenen Stellung der Brücke hätte man dann die Bewegungs- und die Führungsseile anbringen können. Hierauf sollte die Brücke probeweise auf- und abbewegt werden, wobei sie selbstverständlich immer mindestens 3 m über ihren Auflagern hätte bleiben müssen. Sobald die Bewegung ohne jede Schwierigkeit stattgefunden hätte, sollten in einer Nacht von Sonntag auf Montag (es fahren dann zwischen dem letzten und dem ersten Personenzug nur einige Güterzüge, die nötigenfalls hätten ausfallen können) zwei oder drei Schwimmkräne die 260 t schwere Drehbrücke

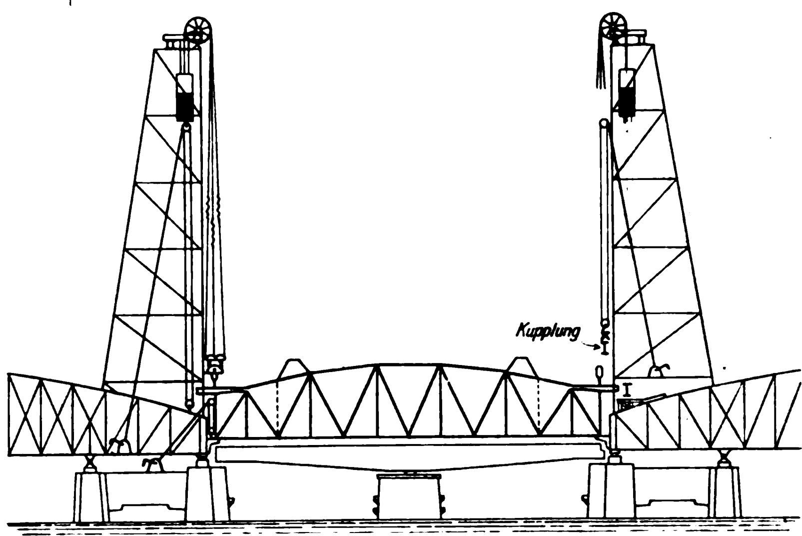


Abb. 24. Fertig zum Heben der Hauptträger.

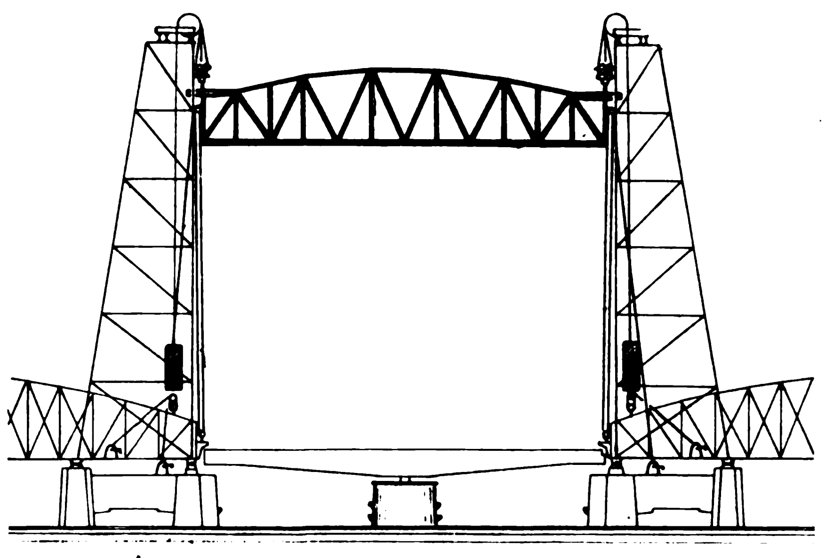


Abb. 25. Hauptträger in Höchstlage.

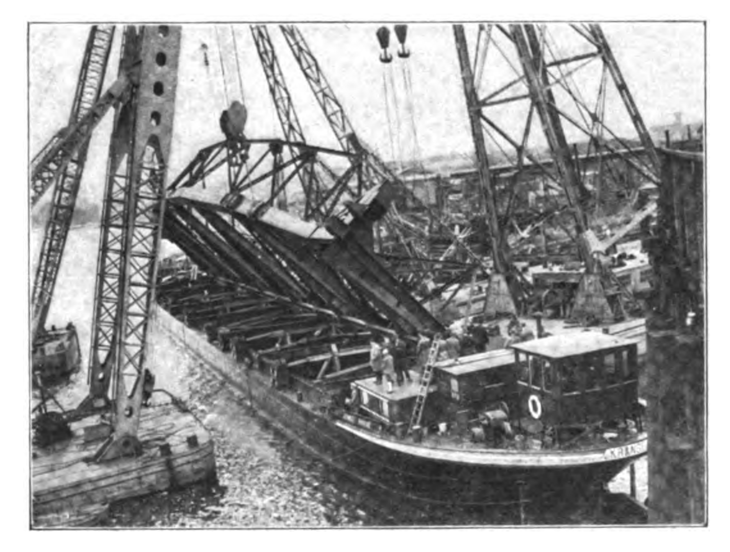


Abb. 26. Westlicher Hauptträger, mittels Kranen vom Schiff geleichtert.

und ihren Königszapfen entfernen, worauf man die Hubbrücke auf ihre Auflager hinablassen wollte.

Diese Arbeitsweise war sehr geeignet für Niederländische Firmen, die eine Werft am Fluß in der Nähe von Rotterdam besitzen, für die Gute Hoffnungshütte war sie weniger günstig. Diese wäre gezwungen gewesen, sich einen Platz am Flusse zu mieten und dort vorübergehend eine Werft für den Bau des beweglichen Brückenteils einzurichten, was selbstverständlich zu kostspielig gewesen wäre. Sie hat daher den folgenden Arbeitsplan beantragt:

Die zwei Hauptträger sollten auf der Werft der Guten Hoffnungshütte in Walsum am Rhein vollständig fertiggestellt werden. Von dem westlichen Hauptträger sollten beide Gurte vorübergehend durch horizontale, gegen die Ständer des Hauptträgers gestützte Fachwerke abgesteift werden; weiter sollten an dem östlichen Hauptträger die oberen Querverbände und die oberen Windverstrebungen angebracht werden, die mit einem vorübergehenden Gurte ein horizontales Fachwerk zur Absteifung des Hauptträgerobergurtes bilden sollten. Die so versteiften Hauptträger sollten auf Schuten nach Rotterdam gebracht werden (Abb. 20). Zwei Schwimmkräne sollten in einer Nacht von Sonntag auf Montag den westlichen Hauptträger von der Schute hochheben (Abb. 21) und ihn über die ausgeschwenkte Drehbrücke auf zwei zu diesem Zweck an den Endständern der westlichen Hauptträger der festen Brücken angebrachten Hilfskonsolen absetzen (Abb. 22).

Dann sollten die Schwimmkräne den östlichen Hauptträger von der Schute heben und ihn auf zwei an den Endständern der östlichen Hauptträger der festen Brücken befestigten Hilfskonsolen absetzen, was, wie aus Abb. 23 hervorgeht, während des Zugverkehrs möglich war. Schließlich sollten die zwei Hauptträger durch die oberen Querverbindungen und Windstreben verbunden werden. Inzwischen sollten die Gegengewichtsseile bereits auf die Seilräder gelegt und an den nur teilweise ausbetonierten Gegengewichten und an den Ausgleichvorrichtungen angebracht sein.

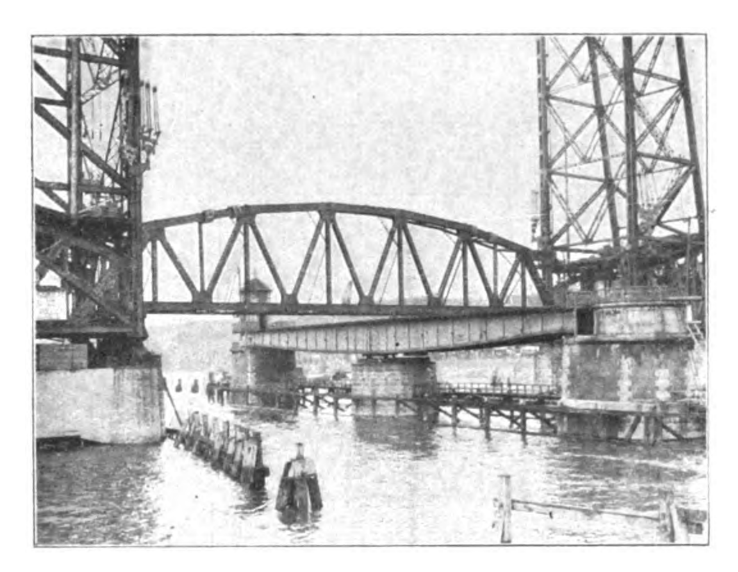


Abb. 27. Westlicher Hauptträger, einstweilig abgesetzt.

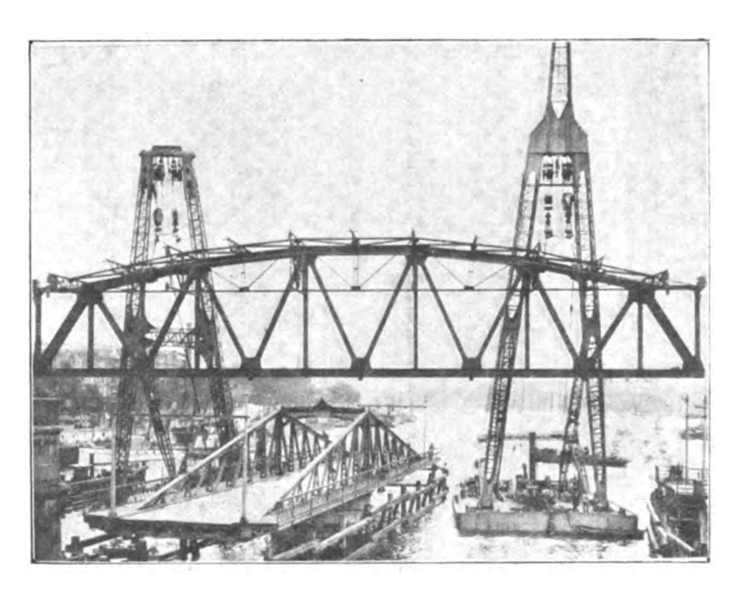


Abb. 28. Östlicher Hauptträger von den Kranschiffen angeschleppt.

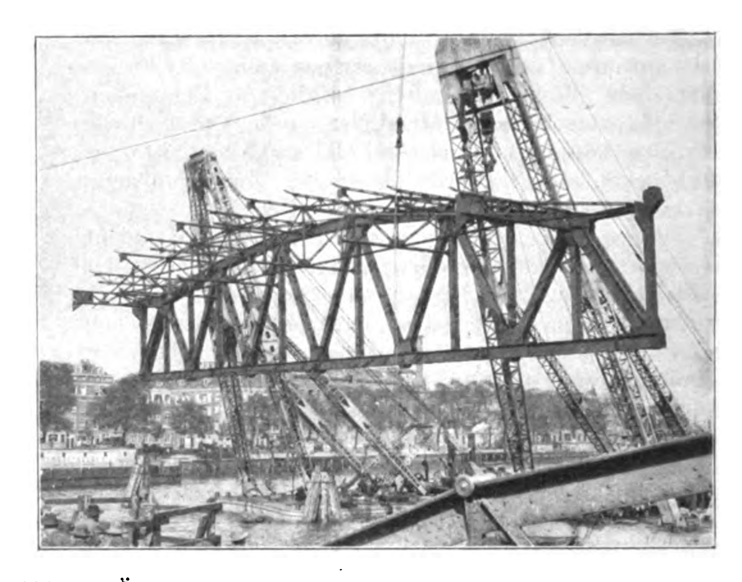


Abb. 29. Östlicher Hauptträger, von den Kranschiffen angeschleppt.

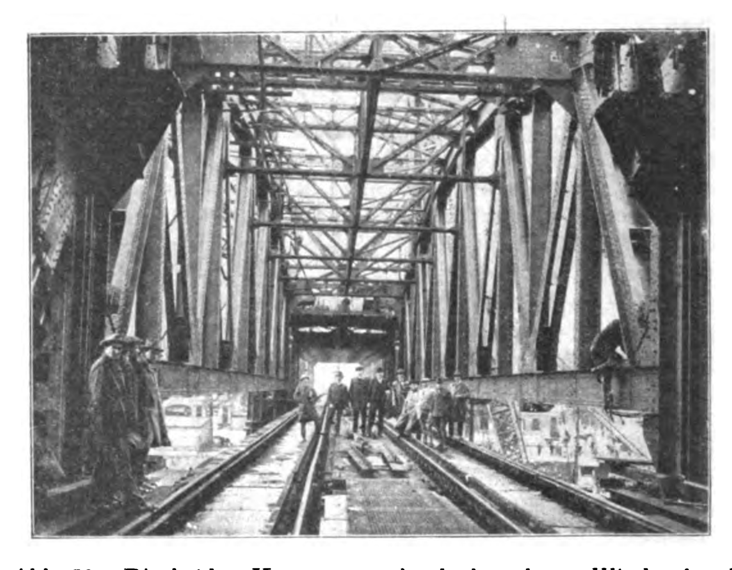


Abb. 30. Die beiden Hauptträger durch den oberen Windverband verbunden auf den Konsolen.

Nachdem nun die Ausgleichvorrichtungen an der Brücke angeschlossen sein würden, könne man (Abb. 24) mittels Flaschenzügen die Gegengewichte herunterziehen und so die Hauptträger mit Querverbänden in die Höchstlage heben, in welcher Lage (Abb. 25) die Fahrbahn, die Gleise usw. angebracht werden sollten. Selbstverständlich war es nötig, die Hauptträger während der Hebung mit Flaschenzügen zurückzuhalten, weil das Gewicht der Gegengewichtsseile anfänglich auf der Seite der Brücke, nach der Hebung aber auf der Seite der Gegengewichte hingen, was einen Gewichtsunterschied von 24000 kg ausmachte.

Der Antrag der Bauanstalt Gute Hoffnungshütte wurde genehmigt. Abb. 26 stellt das Abheben des versteiften westlichen Hauptträgers von der Schute dar, Abb. 27 zeigt diesen Träger aufgesetzt auf den Konsolen an den Enden der Hauptträger der festen Brücken. In Abb. 28 und 29 erkennt man den östlichen Hauptträger mit den oberen Querverbänden und Windverstrebungen während des Transportes nach der Baustelle. In Abb. 30 sind die zwei Hauptträger auf den Konsolen durch die oberen Querverbände und Windverstrebungen miteinander verbunden. Die Brücke wurde dann hochgezogen und in dieser Lage wurde ein Gerüst unter den Hauptträgern an diesen aufgehängt und die Brücke fertiggestellt.

Nachdem auch die Bewegungsvorrichtung fertiggestellt war und sich als zuverlässig erwiesen hatte, wurde in der Nacht vom 31. Oktober auf den 1. November 1927 die Drehbrücke durch drei Schwimmkräne entfernt. Die Hubbrücke wurde bis auf einige Meter über ihren Auflagern herabgesenkt; ein von der Brücke herabhängendes Drahtseil wurde um den Königszapfen geschlungen und dieser beim Anheben der Brücke von ihr aus dem Pfeiler gezogen. Dann wurde die Brücke endgültig auf ihre Lager abgesenkt und die Schienen auf den festen Brücken in die richtige Lage geschoben.

Kaum war man mit diesen Arbeiten fertig, als schon der erste Zug gemeldet wurde. Einige Minuten später fuhr er über die Brücke.

Abb. 31 zeigt die Brücke im fertigen Zustande. Der Pfeiler der Drehbrücke und die Leitwerke sind auf diesem Bilde noch nicht weggeräumt.

Die Brücke steht gegenwärtig bereits mehr als ein Jahr im Betrieb und hat sich sehr gut bewährt. Sie bewegt sich so ruhig, daß jemand, der auf der Brücke steht, kaum bemerkt, wenn sie gehoben wird. Störungen von einiger Bedeutung sind nicht vorgekommen.

Auch bei Belastung mit zwei Wagen, die die Schneelast vorstellen sollten, ließ sich die Brücke ohne Schwierigkeit heben und senken.

Schließlich sei erwähnt, daß im nächsten Sommer die Brücke noch um 1,0 m höher gelegt werden soll, wobei selbstverständlich die Türme nicht mitgehoben werden.

Durch diese Hebung wird die Zahl der Rheinschiffe, die nicht unter der gesenkten Hubbrücke durchfahren können nach Schätzung auf 1% vermindert. Das betriebsmäßige Heben oder Senken der Brücke dauert 1 Minute, mit Einschluß der Verrieglung und der Bedienung der Signale 1½ Minuten.

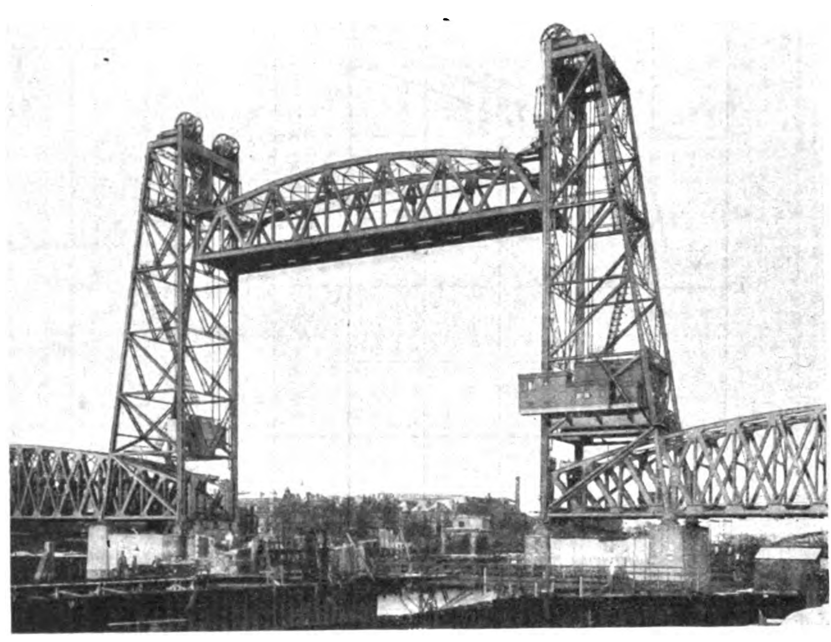


Abb. 31. Die fertige Brücke gehoben.

Neue Versuche mit Lokomotivluftpumpen.

Von Dr.-Ing. **Ludwig Schneider**, München.

Über den Dampfverbrauch von Lokomotivluftpumpen — die richtige Bezeichnung wäre eigentlich Luftverdichter — habe ich bereits in einem früheren Jahrgang des Organs*) berichtet. Ich bezeichnete damals die Luftpumpe als noch sehr verbesserungsfähig. Die untersuchte Pumpe gehörte zu der weit verbreiteten Bauart: einfache Dampfdehnung und zweistufige Luftverdichtung. Aus dem Bestreben heraus, die alte Kolbendampflokomotive durch Vervollkommnung ihrer Nebeneinrichtungen zu verbessern, ist inzwischen die Knorr-Nielebock-Luftpumpe mit doppelter Dampfdehnung entstanden. Mit einer solchen stellte ich neuerdings auf dem dampftechnischen Prüfstand der J. A. Maffei A.-G., München, eingehende Versuche an, um den Fortschritt gegenüber den bisher verwendeten Pumpen zahlenmäßig zu erfassen.

Die Versuchsanordnung war dieselbe wie bei meinen früheren Versuchen und ich kann deshalb auf die bereits genannte Quelle verweisen; auch wurden ähnliche Versuchsreihen ausgeführt wie damals.

Die neu untersuchte Pumpe hatte folgende Hauptabmessungen:

Dampfzylinder, Durchmesser, Hochdruck	.	180 mm
„ „ Niederdruck	.	300 „
Luftzylinder, „ Hochdruck	.	165 „
Luftzylinder, Durchmesser, Niederdruck	. .	270 mm
Hub	. . . .	350 „
Kolbenstange, nicht durchgehend, Durchmesser	. . . .	30 „

*) Organ 1925, S. 205.

Eine Untersuchung des volumetrischen Wirkungsgrades oder des Lieferungsgrades der Luftpumpe ergibt den in Abb. 1 dargestellten Verlauf. Der Lieferungsgrad ist das Verhältnis der tatsächlich geförderten Luftmenge zur Förderung berechnet aus dem Hubvolumen des Luft-Niederdruckzylinders. Der Unterschied der Mengen ist bedingt durch den schädlichen Raum, durch Drosselung und Erwärmung der angesaugten Luft in den Kanälen und an den Zylinderwänden. Der Lieferungsgrad sinkt nach Abb. 1 mit steigendem Enddruck der Luft und steigt innerhalb der Versuchsleistung mit der rascheren Gangart der Pumpe. Bei einer Verdichtung der Luft auf 8 atü und nicht zu langsamem Lauf der Pumpe liegt er zwischen 0,7 und 0,8, wogegen er bei der älteren Pumpe zwischen 0,55 und 0,65 lag. Das mittlere Hubvolumen des Niederdruck-Luftzylinders der älteren Pumpe war 13,1 dm³, jenes der Knorr-Nielebock-Pumpe ist 19,72 dm³. Die letztere fördert also bei gleich raschem Gang nicht unwesentlich mehr Luft als die Pumpe mit einfacher Dampfdehnung. Das größere Hubvolumen erklärt schon z. T. den höheren volumetrischen Wirkungsgrad, der übrigens mit der zweistufigen Dampfdehnung als solcher nichts zu tun hat.

Gleichzeitig wurde die Pumpe auf ihren Dampfverbrauch hin untersucht. Dieser wurde durch Niederschlagung des Abdampfes in einem Oberflächenkondensator und Wägung des Kondensates festgestellt, die geförderte Luftmenge mittels als 1,89 ata war. Die Düsen hatten runde Ausflußmündungen von rund 2, 2½, 3, 4, 4½ und 6 mm Durchmesser. Die genauen Querschnitte betrugen 0,0307—0,0487—0,0683—0,1270—0,1560—0,2875 cm².

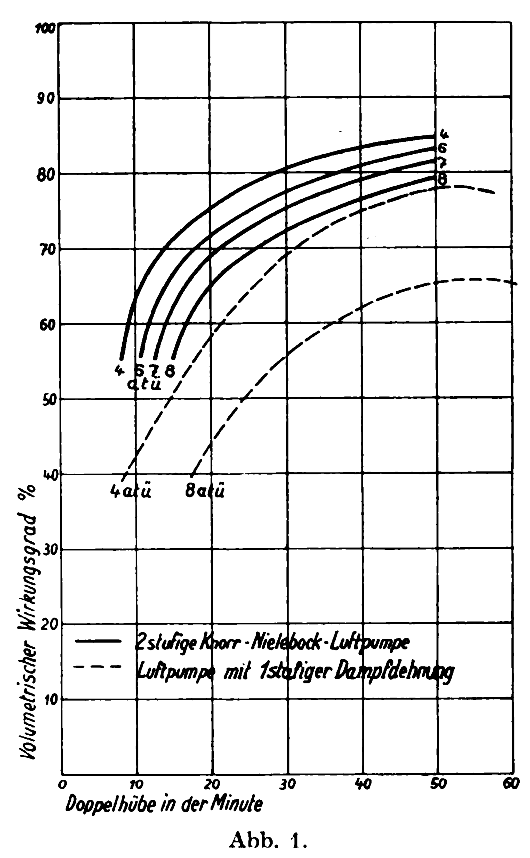


Abb. 1.

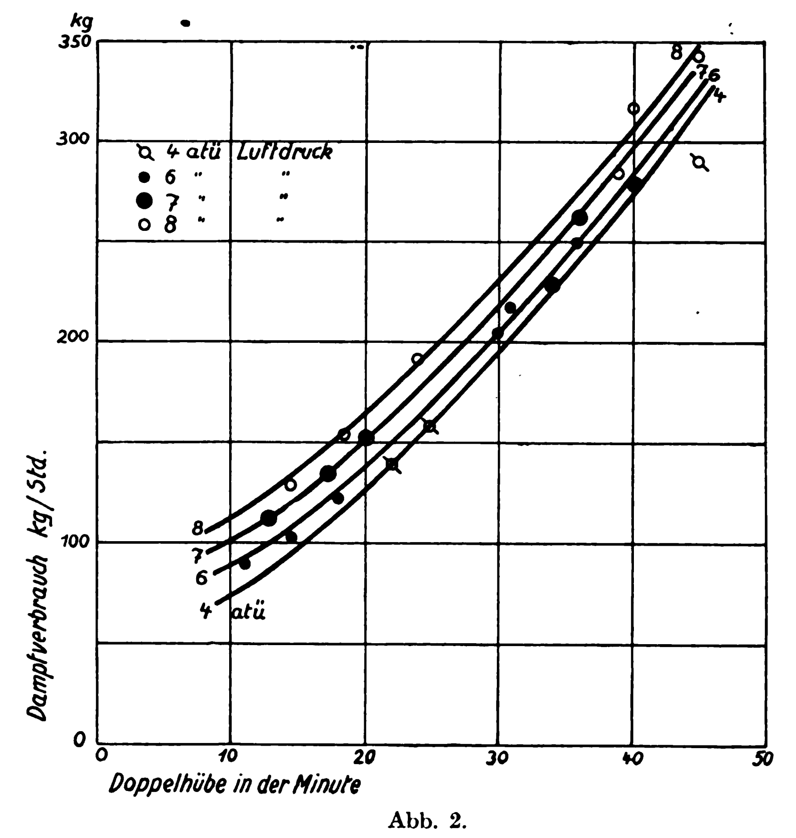


Abb. 2.

metallischer Düsen mit gut abgerundeten Mündungen gemessen. Dabei arbeitete die Pumpe bei verschiedenen minutlichen Hubzahlen, also verschiedenen Fördermengen gegen einen Druck von rund 4, 6, 7 und 8 atü. Da die Leistung der Pumpe mit dem Grade der Luftverdichtung steigt, nimmt damit auch der Dampfverbrauch zu. Die Kurven liegen deshalb in Abb. 2 für steigenden Luftenddruck übereinander. Als Abszissen sind die Doppelhübe i. d. Minute gewählt. Die einzelnen Versuchspunkte kommen nicht genau auf die Kurven zu liegen, was auf kleine Unvollkommenheiten der Versuchsanordnung und der Ablesungen, auf stets auftretende Nebeneinflüsse und darauf zurückzuführen ist, daß die in runden Zahlen angegebenen Enddrücke nicht genau eingehalten worden sind, da dies ein zeitraubendes Ausprobieren erfordert hätte. Die Abweichungen betrugen bis zu 0,45 at. Im ganzen war aber die Versuchsgenauigkeit sehr hoch, wie die Lage der Punkte beweist.

Die Messung der Gewichtsmenge der verdichteten Luft beruht auf der bekannten Ausflußformel, wonach die durch eine Düse minutlich ausströmende Luft, ausgedrückt in kg, beträgt:

$$G_{min} = 60 \cdot f \cdot \frac{2{,}15\, p_I}{\sqrt{R \cdot T_I}}.$$

Darin bedeutet f den Düsenquerschnitt in cm², p_I den Druck der verdichteten Luft vor der Ausströmdüse in ata, R die Gaskonstante für Luft und T_I die absolute Lufttemperatur vor der Düse. Diese Formel gilt für ein Verhältnis

$$\frac{p_a}{p_I} \leqq 0{,}528,$$

worin p_a der Luftdruck hinter der Düse, also der Außendruck, ist. Im vorliegenden Fall ist $p_a = 1$ ata und der Wert 0,528 wurde niemals überschritten, da p_I stets bedeutend größer

Die Tabelle enthält alle wichtigeren Versuchs- und Rechnungsergebnisse.

Zusammenstellung.

Lfd. Nr.	Düse mm Dchm. rd.	Dampfdruck vor der Pumpe atü	Verdichtungs-Enddruck atü	Doppelhübe/Min.	Verdichtete Luftmenge kg/Std.	Dampfverbrauch kg/Std.	Isothermische verlustfreie Kompressorleistung PS	Dampfverbrauch kg/PS-Std.	Lfd. Nr.
1	6	5,75	3,7	45	104	290	5,02	57,8	1
2	4,5	4,92	3,8	25	57,7	158	2,82	56	2
3	4,5	5,5	5,65	36	78,6	250	4,65	53,8	3
4	4,5	5,9	6,45	40	87	280	5,45	51,5	4
5	4,5	6,25	7,65	45	99,2	343	6,67	51,5	5
6	4	4,65	3,65	22	46,8	149	3,10	48	6
7	4	5,5	5,85	30	64,5	205	4,32	47	7
8	4	5,2	5,8	31	66,8	218	4,78	45,5	8
9	4	5,8	6,65	34	72	230	4,55	50,5	9
10	4	5,4	6,9	36	76,5	263	4,93	53,3	10
11	4	6,1	7,6	39	80,5	285	5,10	55,8	11
12	4	6,2	7,8	40	83,8	317	5,67	55,8	12
13	3	4,9	5,85	18	38,6	123	2,31	53,4	13
14	3	5,55	6,9	20	43	153	2,80	54,7	14
15	3	5,95	8,0	24	49,4	192	3,38	56,8	15
16	2,5	4,6	5,7	14,5	26,2	104	1,55	67	16
17	2,5	5,45	6,9	17	30,8	135	1,98	68	17
18	2,5	5,55	7,7	18,5	33,8	154	2,27	68	18
19	2	4,5	5,7	11	16,5	91	0,98	93	19
20	2	5,35	6,95	13	19,5	112	1,25	89,5	20
21	2	5,75	7,9	14,5	21,9	129	1,49	86,5	21

Die Luftverdichtung betrug, wie aus der Zusammenstellung der Versuche ersichtlich, mindestens 3,65 atü und wurde bis auf 8 atü gesteigert; der Gang der Pumpe wurde zwischen einer stündlich verdichteten Luftmenge von 16,5 und 104 kg verändert.

Die Abhängigkeit des Dampfverbrauches von der Luftliefermenge und dem Verdichtungsgrad ist in Abb. 3 dargestellt. Gegenüber der alten Luftpumpe mit einstufiger Dampfdehnung verbraucht die Knorr-Nielebock-Pumpe um 18 bis 22% weniger Dampf.

Für einen Luftverdichter ohne schädlichen Raum und ohne Arbeitsverluste wäre die Arbeit zur isothermischen — also günstigsten — Kompression von G kg/Sek. Luft vom Druck p_0 und der absoluten Temperatur T_0 auf den Druck p

$$N\,[PS] = \frac{G \cdot R \cdot T_0}{75} \cdot \ln \frac{p}{p_0} = 258\, G \log \frac{p}{p_0},$$

wobei $R = 29{,}3$ die Gaskonstante für Luft, T_0 bei den Versuchen 287° und $p_0 = 1$ ata war.

Bei der Auswertung der Versuche zeigt es sich, daß die isothermische, verlustlose Verdichtungsleistung der Luftpumpe zwischen 0,98 und 6,67 PS schwankte. In der Zusammenstellung sind sowohl diese Leistungen als auch der Dampfverbrauch auf diese Leistung bezogen enthalten. Der Letztere ist auch zeichnerisch in Abb. 4 für eine Luftverdichtung auf 6, 7 und 8 atü bei der Knorr-Nielebock-Pumpe und auf 8 atü für die ältere Pumpe mit einstufiger Dampfdehnung dargestellt. Zu bemerken ist, daß die Luftzylinder während der Fahrt der Lokomotive besser gekühlt werden, als dies im Versuchsraum ohne besondere Ventilation der Fall war. Allerdings ist auch die Kühlung der Dampfzylinder bei der Fahrt eine lebhaftere; was für den Luftteil also vorteilhaft ist, bringt einen Nachteil für den Dampfteil mit sich.

Gegenüber der Pumpe mit einstufiger Dampfdehnung ist der Fortschritt auch aus Abb. 4 deutlich erkennbar; aber der Dampfverbrauch erreicht immer noch ansehnliche Werte, wenn man ihn auf die PS/Std. bezieht. Durch die Einführung der doppelten Dampfdehnung ist der Dampfteil der Pumpe verbessert worden, und zwar um rund 20% gegenüber einstufiger Expansion. Eine Verbesserung des Luftteils läßt sich bei der heutigen Lokomotivluftpumpe ohne Verwicklungen nicht mehr erreichen. Bei nicht zu langsamem Gang der Pumpe und den im Lokomotivbetrieb üblichen Verdichtungsgraden auf 6 bis 8 atü liegt der Dampfverbrauch um 50 kg/PSh herum. Vergleichshalber sei erwähnt, daß der Dampfverbrauch der Knorr-Nielebock-Speisepumpe*), bezogen auf die PS-Pumpenleistung 20 bis 25 kg/PSh beträgt. Der Unterschied ist darauf zurückzuführen, daß der isothermische Kompressionsverlauf nicht erreicht werden kann, ferner auf die niedrigen indizierten und mechanischen Wirkungsgrade eines so kleinen Kompressors, wie er in der Lokomotivluftpumpe verkörpert ist.

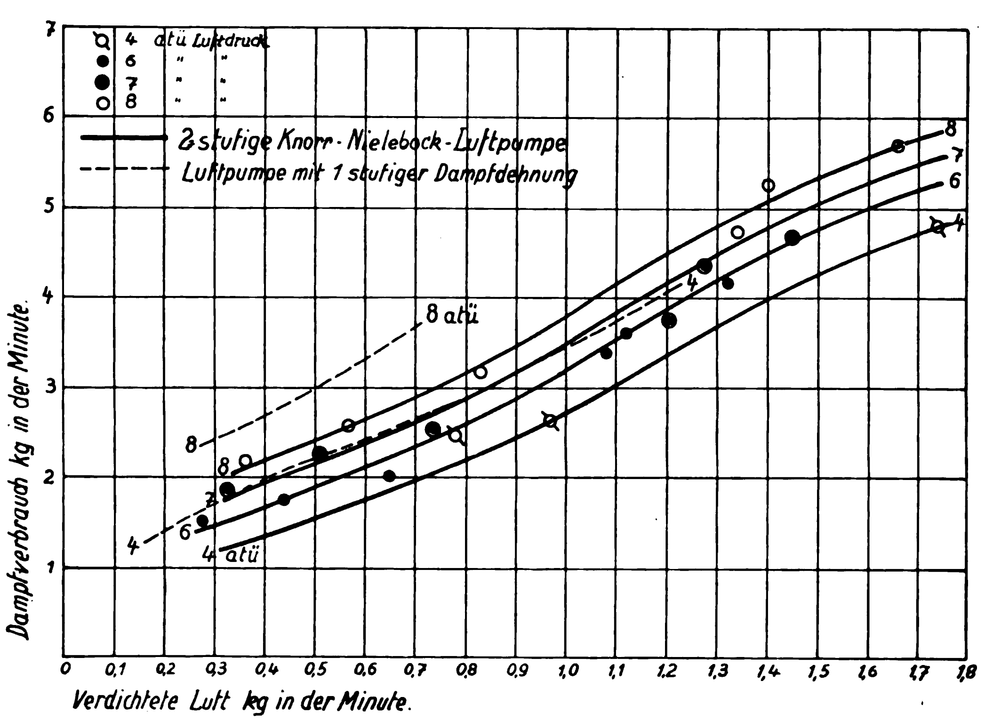


Abb. 3.

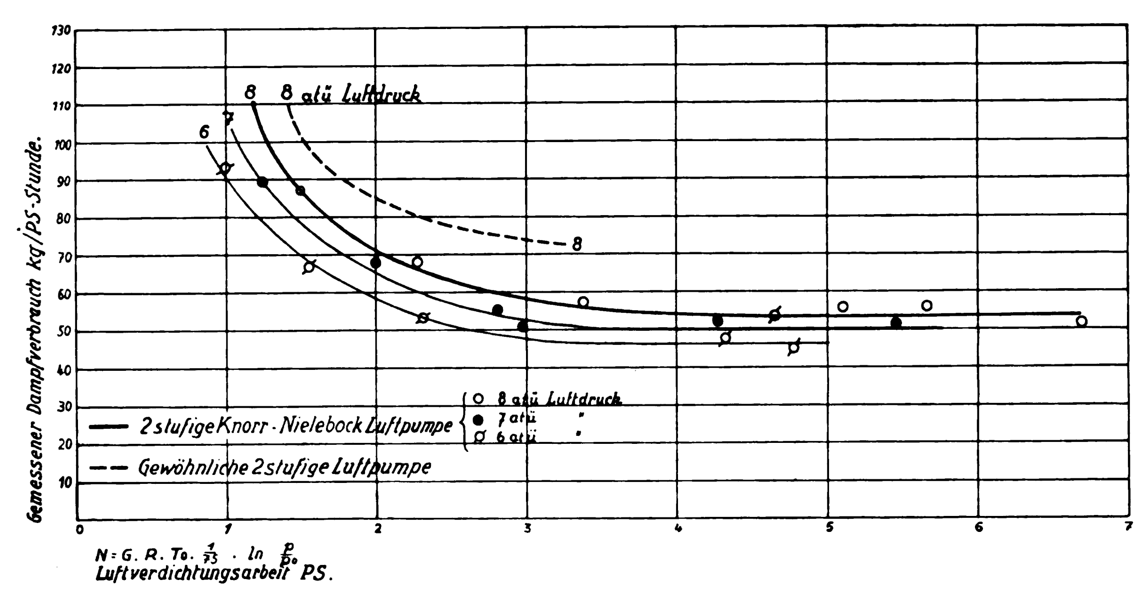


Abb. 4.

---

*) Organ 1928, S. 293.

Berichte.

Allgemeines.

Eigenartige Entgleisungsursache.

Die Untersuchung des schweren Eisenbahnunfalles auf der Illinois-Eisenbahn bei Mounds am 6. August 1928, bei dem 8 Personen getötet und 144 Personen verletzt wurden, hat eine eigenartige Entgleisungsursache ergeben. Von einem mit Gußröhren beladenen Wagen eines in der Nordrichtung fahrenden Zuges war während der Fahrt ein Rohr von 304 mm Durchmesser und 5 m Länge herabgefallen. Wahrscheinlich war es mit einem Ende auf die östliche Schiene des Nachbargleises also des Gleises der Südrichtung und mit dem anderen Ende in die Nähe der westlichen Schiene des Nordgleises zu liegen gekommen. Ein auf dem Südgleis fahrender Zug schlug gegen das Rohr und schob es quer auf die westliche Schiene des Nordgleises. Allein hier wurde es wieder von einem in der Nordrichtung fahrenden Zug, der zwar von dem Vorfall verständigt war und deswegen mit verminderter Geschwindigkeit fuhr, aber das Rohr früher antraf als er vermutete, so unglücklich gegen die westliche Schiene des Südgleises geschoben, daß dieses es auf eine Länge von etwa 12 m bis zu 177 mm verdrückt wurde. Der Zug hielt an, aber im gleichen Augenblick kam auf dem Südgleis ein Gegenzug der an der beschädigten Stelle entgleiste und mit voller Geschwindigkeit in den stehenden Zug seitlich hineinfuhr.

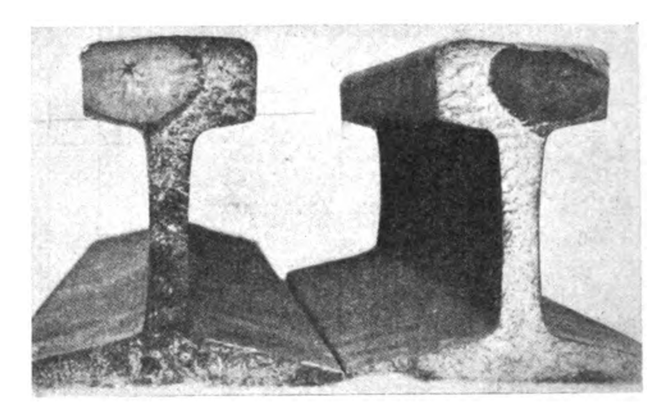
Der mit Röhren beladene Wagen war kurz vorher auf richtige Ladung untersucht und in Ordnung gefunden worden. Wie nachträglich festgestellt wurde, war er auch den Ladevorschriften entsprechend verladen. Trotzdem hatte sich eine Röhre verschoben und war schließlich vom Wagen gefallen. Eb.

Eisenbahnunglück als Folge eines Schienenbruches.

Am 27. Oktober 1925 entgleiste auf der „St. Louis-San-Francisco Railway“ ein Schnellzug, wobei 21 Personen den Tod fanden und 130 verletzt wurden.

Die Entgleisungsstelle befindet sich 412 m südlich der Station Viktoria auf der eingleisigen Bahnlinie zwischen Memphis und Amory. An der Unfallstelle liegt das Gleis in einer Geraden von 728 m Länge und im Gefälle 100:1. Der Stahloberbau bestand aus 10 m langen Schienen mit einem Gewicht von 44,6 kg/m. Auf eine Stoßlänge waren 20 Schwellen aus getränktem Roteichenholz verlegt. Die Höhe des Schotterbettes betrug 30 cm. Der Unterhaltungszustand des Gleises war gut. Die Entgleisung ereignete sich auf einem Damm von 3,35 m Höhe, in einer Entfernung von 154 m von einer Holzbrücke mit acht Öffnungen. Das Wetter war klar. Die Zuggeschwindigkeit betrug 64 bis 80 km/Std.

Die Lokomotive entgleiste nicht. Sie riß vom Zuge ab und kam in einer Entfernung von 645 m von der Entgleisungsstelle entfernt zum Halten. Dagegen entgleisten die zehn ersten und das vordere Drehgestell des elften Wagens. Das Lokomotivpersonal hatte beim Befahren der Unfallstelle keinerlei Stoß verspürt, der auf einen Schienenbruch hätte schließen lassen. Der Bruchquerschnitt zeigte einen Materialfehler infolge Schlackenbildung (siehe Abb.). Die Bruchstelle lag in einem Abstand von 4,18 m vom Stoß. Zwischen diesem Punkt und dem entgegengesetzten Ende zerbrach die Schiene nach der Entgleisung in neun Stücke, vier dieser Brüche waren ebenfalls auf gleiche Materialfehler zurückzuführen.



Ansichtsflächen des Schienenbruches.

Der Schienenbruch, der den Unfall herbeiführte, erfolgte zweifellos unter einer Achse der Lokomotive. An der Gefahrstelle war jedoch der Reibungswiderstand der beiden rauhen Flächen der Bruchstelle auf kurze Zeit so groß, daß die Lokomotive und die drei ersten Wagen über sie hinweggehen konnten. Erst unter der Achse des vierten Wagens brach ein Schienenstück ab und leitete die Entgleisung ein. Die weiteren Brüche traten infolge ungewöhnlicher Beanspruchung durch die entgleisten Wagen ein.

Der Schlackenkern an der Bruchstelle hatte eine Breite von 46 mm und eine Höhe von 36,5 mm. Seine Oberfläche war bereits oxydiert, ein Zeichen dafür, daß der Schienenkopf soweit abgenützt war, daß der Schlackenkern die Lauffläche erreichte, wodurch Luft zutreten konnte. Die Oberflächen an den Schlackenkernen der übrigen vier Bruchstellen waren noch silberhell, ein Zeichen dafür, daß kein Luftzutritt zu ihnen möglich war.

(Bulletin, August 1928.) Sch.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Vorschrift für das Entwerfen und Berechnen eiserner Brücken in Frankreich.

Der französische Arbeitsminister hat am 10. Mai 1927 eine neue Vorschrift veröffentlicht für das Entwerfen und Berechnen eiserner Brücken. Sie hat für Straßen- und Eisenbahnbrücken Gültigkeit. Im folgenden werden die wichtigsten Abschnitte dieser neuen Vorschrift, soweit sie sich auf regelspurige Eisenbahnbrücken beziehen, kurz behandelt.

Als Verkehrslast wird der Berechnung ein Lastenzug zugrunde gelegt, bestehend aus zwei Tenderlokomotiven an der Spitze und angehängten beladenen Großgüterwagen mit zwei Drehgestellen. Aus der nebenstehenden Übersicht sind die Ausmaße und Gewichte des Lastenzuges zu entnehmen.

Bei zweigleisigen Brücken sind zwei in der gleichen Richtung verkehrende Züge vorzusehen. Aufstellung und Länge der Lastenzüge sind so zu wählen, daß in den verschiedenen Konstruktionsteilen die ungünstigsten Spannungen auftreten. Werden diese in gewissen Fällen durch Einschalten von Leerwagen hervorgerufen, so ist für diese eine Belastung von 1,25 t/lfd m Länge anzurechnen.

Der Stoßwirkung der Verkehrslast ist Rechnung zu tragen. Sie wird durch Multiplikation der Achslasten mit einem Koeffizienten erhalten, der nach folgender Formel zu berechnen ist:

$$1 + \alpha + \beta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2\,L} + \frac{0,6}{1 + 4\,\frac{P}{S}}\,.$$

	Lokomotive	Tender	Beladene Güterwagen
Gesamtlänge	10 m	10 m	11 m
Anzahl der Achsen . . .	5	3	4
Achsstand	1,50 m	3 m	1,50 m 5 m 1,50 m
Pufferabstand von der nächsten Achse	2 m	2 m	1,50 m
Achslast	20 t	20 t	20 t
Gesamtgewicht	100 t	60 t	80 t
Mindestlast bei Annahme gleichmäßig verteilter Belastung auf 1 lfd. m Länge	10 t	6 t	7,27 t

Es bedeuten: L die Länge des Konstruktionsteiles in Meter
P Gesamtbelastung infolge ständiger Last + Eigengewicht
S größte Verkehrslast, die dem Teil zugemutet werden kann.

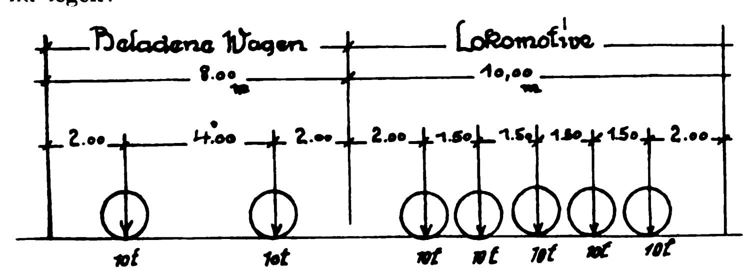
Für jeden Konstruktionsteil ist die Maximaldruck- und -Zugfestigkeit in kg/mm² zu bestimmen. Es sind der Reihe nach folgende Spannungen zu berechnen:

c = Spannung infolge Eigengewicht
d = Spannung infolge Verkehrslast vermehrt um den Stoßkoeffizienten
v = Spannung infolge Winddruck von 150 kg/m²
w = Spannung infolge Winddruck von 250 kg/m²
t = Spannung infolge möglicher Temperaturschwankungen.

Gedrückte Stäbe sind auf Knickfestigkeit zu berechnen. Dem Ingenieur bleibt die Wahl der Berechnungsweise überlassen. In einem Hinweis des Ministers wird die Berechnung nach Euler oder Rankine empfohlen.

Brücken für Schmalspurbahnen.

Der statischen Berechnung ist folgender Lastenzug zugrunde zu legen:



Als Mindestlast bei Annahme gleichmäßig verteilter Belastung auf 1 m Länge sind für Lokomotiven 5 t, für beladene Wagen 2,5 t und für Leerwagen 0,75 t in Rechnung zu setzen.

Bei Privatbahnen kann von dieser Belastungsannahme mit Einverständnis des Ministers abgewichen werden. Es müssen in einem solchen Falle mindestens die wirklich auftretenden Verkehrslasten der statischen Berechnung zugrunde gelegt werden.

(Bulletin, Juli 1928.) Scherer.

Fachwerkbrücken mit dreieckigem Querschnitt.

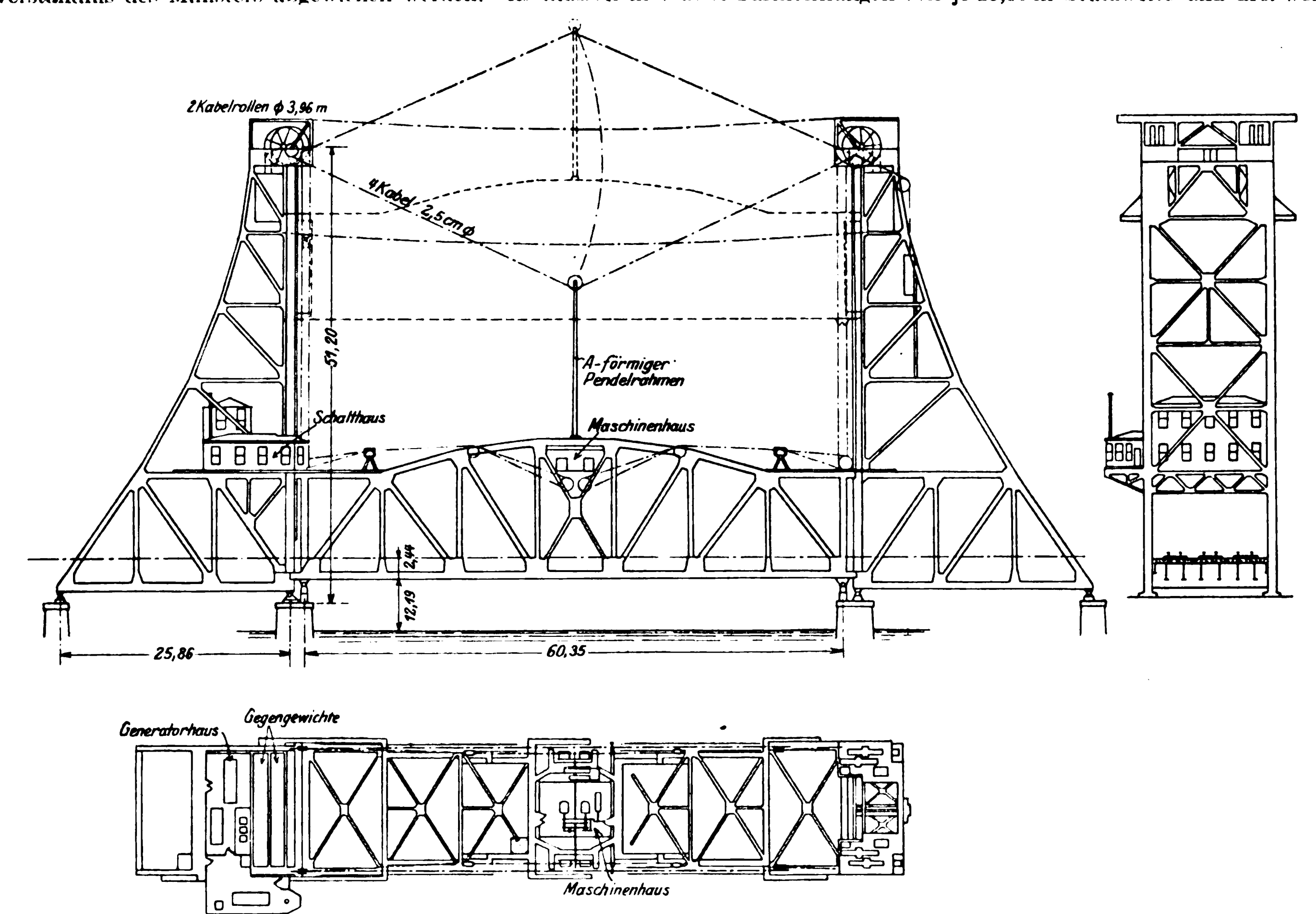
Ein Gedanke, der erstmals im Jahre 1912 auftauchte, wird in einem Aufsatz in Heft 38 der „Bautechnik" erneut aufgegriffen und durch ausführliche statische Behandlung wesentlich gefördert. Unsere großen eisernen Fachwerkbrücken benötigen alle große biegungssteife Portalrahmen und einen oberen und unteren Windverband usw. Trotzdem läßt bei der viereckigen Querschnittsform die Steifigkeit insbesondere gegen alle Torsionsbeanspruchungen zu wünschen übrig. Statisch viel günstiger wäre ein Dreiecksquerschnitt, bei dem der untere Windverband und die Querträger zu einer dritten querliegenden Tragwand ausgestattet sind. Oberer Windverband und Portalrahmen entfallen. Auch verschwinden eine Reihe von Nebenspannungen. Vergleichsrechnungen zeigen, daß sich bei untenliegender Fahrbahn beispielsweise bei einer Brücke von 84 m Länge Gewichtsersparnisse von 6—7% d. i. 37 t erzielen lassen. Auch wird die Durchbiegung um 20% geringer.

Mag auch der Gedanke zunächst absonderlich erscheinen, so sind die Vorzüge der vorgeschlagenen Gurtanordnung unbedingt anzuerkennen, zumal auch die konstruktive Durchbildung keinerlei Schwierigkeiten bietet. Sp.

Eine dreigleisige Hubbrücke in Nordamerika.

Die seit März 1927 im Bau befindliche Hubbrücke über den Hackensack-Fluß bei Jersey-City hat eine Länge von 457 m und mit den Anfahrrampen von 1860 m. Der Bau dieser neuen Brücke wurde hauptsächlich deswegen nötig, weil die bestehende Brücke für die Schiffahrt eine zu geringe Lichthöhe und Lichtweite hatte. Mit Rücksicht auf die Mehrzahl der verkehrenden Schiffe wurde für die Brücke eine Lichthöhe von rund 12 m über Höchstwasserstand vorgesehen.

Die Brücke besteht aus einer Huböffnung von 60,35 m Stützweite, die eine Schiffahrtsrinne von 46 m Breite ermöglicht, zwei Turmöffnungen von je 25,86 m Stützweite und drei weiteren



Dreigleisige Hubbrücke in Nordamerika.

Flußöffnungen, die mit Blechträgern überdeckt sind. Die Fahrbahnplatten bestehen außer bei den Turmöffnungen und der Hubóffnung aus Eisenbetonplatten, während bei diesen zur Verminderung des Gewichts Konstruktionen aus Siliciumstahl verwendet sind. Die Anfahrtöffnungen bestehen aus trägerlosen Eisenbetonplatten, die auf Betonsäulen ruhen. Die Pfeiler der Hauptöffnungen sind in 27,74 m Tiefe aus Caissons gegründet. Die eigentliche Hubbrücke besteht aus zwei Fachwerkträgern, die in der Mitte 14,63 m hoch sind. Die Träger sind zur Verminderung des Gewichts aus Siliciumstahl hergestellt und für eine Beanspruchung von rund 1600 kg/cm² berechnet. Der Abstand der Träger ist 13,72 m und reicht für die Unterbringung von drei Gleisen aus. Die Hubóffnung hat bei Höchstwasser eine Lichthöhe von 12,19 m und bei Niedrigstwasser von 14,17 m. Hierdurch ist der ungestörte Verkehr des größten Teils der verkehrenden Schiffe ohne Hebung der Brücke ermöglicht, während bei größeren Schiffen die Brücke bis zu 28,96 m gehoben werden kann, so daß eine Gesamtlichthöhe von 41,15 m erreicht wird.

Die Turmöffnungen haben eine Stützweite von 25,86 m, die Höhe der Türme beträgt 51,20 m. Die Hubtürme sind mit Ausnahme der Fahrbahnkonstruktion aus Carbon-Stahl hergestellt. Die Hubbrücke wird durch Eisenbetongegengewichte im Gleichgewicht gehalten. Jedes Gegengewicht hat die Hälfte der toten Last der Hubbrücke = 567 t zu übernehmen. Für die Aufhängung der Gegengewichte und der Brücke sind acht Gruppen von je acht Kabeln mit 51 mm Durchmesser vorgesehen, von denen je zwei Gruppen an jeder Ecke der Brücke angebracht sind. Die Rollen, über welche diese Kabel laufen, haben einen Durchmesser von 3,96 m. Jede der Rollen kann eine Belastung von rund 300 t aufnehmen.

Das Gewicht der Hubkabel wird durch eine besondere, aus der Abbildung ersichtliche Anordnung ausgeglichen. Mittels eines in der Brückenmitte angreifenden A-förmigen Rahmens und Kabeln, die am einen Turm befestigt, am anderen über Rollen geführt und mit Gegengewichten belastet sind, wird bei gesenkter Brücke durch den nach oben gerichteten Seilzug eine Entlastung, bei gehobener Brücke durch Seilzug nach abwärts eine Belastung hervorgerufen. Da das Gewicht der Hubseile in letzterem Falle entlastend, im ersteren hingegen belastend wirkt, tritt also ein Ausgleich beider Wirkungen ein.

Das Windwerk zum Heben und Senken der Brücke, bestehend aus zwei Windentrommeln, befindet sich auf der Brücke im Scheitel der Träger eingebaut. Auf jeder Trommel winden sich zwei einzöllige Kabel beim Heben auf und gleichzeitig zwei ebenso starke, zu den unteren Turmenden führende Kabel ab. Die Windentrommeln werden durch eine gemeinsame, quer zur Brücke laufende Welle unter Zahnradübersetzung von zwei Gleichstrommotoren von je 150 PS, die zusammen oder (mit $^1/_2$ Hubgeschwindigkeit) einzeln verwendet werden können, angetrieben. Der Strom wird durch Drehstrom-Gleichstrom-Umformersätze, die in dem einen der beiden Türme aufgestellt sind, geliefert. Falls der durch Fernleitung zugeführte Strom ausbleibt, kann er durch einen Generator mit Antrieb von einem achtzylindrigen 100 kW-Gasölmotor geliefert werden. Außerdem ist aber noch ein unmittelbarer Antrieb der Windentrommeln durch einen Sechszylindergasölmotor von 180 PS vorgesehen.

Das Heben und Senken der Hubbrücke erfordert je $1^1/_4$ Minuten. Die beim Heben und Senken erforderlichen Verrichtungen sind zwangläufig, so daß für den Verkehr alle Sicherungen getroffen sind. So kann z. B. mit dem Heben erst begonnen werden, wenn alle in Betracht kommenden Signale auf Halt stehen. Während der Unbefahrbarkeit der Brücke ist die Zufahrt durch verschiedene Einrichtungen, wie selbsttätige Bremsung, unmöglich gemacht. Wa.

(Railway Age 1928, November, S. 917.)

„Entlüftungsschwierigkeiten in Tunneln"

muß die Überschrift des Artikels von Prof. Wentzel-Aachen auf Seite 50 der Nr. 2 lauten statt „Entlüftungsschwierigkeiten für Tunnels".

Buchbesprechungen.

Ästhetik im Brückenbau, unter besonderer Berücksichtigung der Eisenbrücken. Von Ing. Dr. Friedrich Hartmann, Professor an der technischen Hochschule in Wien. Verlag Franz Deuticke, Leipzig und Wien 1928.

Man muß gleich im vorhinein sagen: Ein solches von einem Ingenieur verfaßtes Werk hat in der Fachliteratur gefehlt. Bisher haben fast nur Architekten über Ästhetik im Brückenbau gesprochen und zwar vornehmlich über Massivbrücken, ein Gebiet, das ihnen zweifellos näher liegt als der Eisenbrückenbau. Dieser kam in der kritischen Behandlung erst in zweiter Linie in Betracht. Solange die neuere Theorie des eingespannten Bogens noch nicht bestand, haben sich Architekten auch praktisch mit dem Bau von Wölbbrücken kleiner Spannweiten beschäftigt. Als dann von Ingenieuren die neue Theorie des elastischen Bogens geschaffen wurde und damit der Bau weitgespannter Gewölbe einsetzte, kam mit dem Entwurf solcher Brücken durch die Ingenieure auch ihre ästhetische Ausgestaltung in die Hände der Brückenbauer. Daß diese dabei gut bestanden, beweisen die bestehenden Ingenieurbauten und damit lieferten die Ingenieure auch den Befähigungsnachweis für Urteile in Dingen der Bau-Ästhetik. Prof. Ing. Dr. Hartmann spricht darüber in einer vollständig unpersönlichen, ernsten und sachlichen Art in dem Sinne, daß der Ingenieur vornehmlich berufen sei, bei Brückenbauten die Beziehungen zwischen Zweckdienlichkeit und Wirtschaftlichkeit zum Schönen auf Grund seiner Kenntnis der exakten theoretischen Grundlagen herzustellen.

Ing. Dr. Hartmann behandelt im ersten Abschnitte des Buches allgemeine Fragen, unter anderem den Einfluß der Gewohnheit auf die Beurteilung von Kunstwerken, die Beziehung und Gegenüberstellung des Zweckmäßigen und Schönen, er spricht über das Zusammenarbeiten von Ingenieuren und Architekten, die Mitwirkung der Architekten bei Brückenbauten, die Einpassung von Brücken in das Landschafts- und Städtebild, über Materialechtheit und anderes.

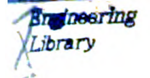
Im zweiten Abschnitte wird auf Grund vorzüglicher Bilder die ästhetische Wirkung ausgeführter Bauten aller Art behandelt. Bei Holz- und Massivbrücken gibt es nicht viele kritische Schwierigkeiten. Anders liegt die Sache bei eisernen Brücken, zu deren Beurteilung vom Standpunkte der schönheitlichen Wirkung nach Ansicht des Verfassers wohl noch mehr als nur ästhetische Grundsätze gehören. Ausführlich wird die Frage der Einordnung der Brücken in die Umgebung, die Stetigkeit der Linienführung, die Wirkung des Gewaltigen, der Einfluß der Ausfachung auf das Schönheitsempfinden, die Abhängigkeit der Formgebung vom Werkstoff und anderes mehr an den Fachwerksbogenträgern, durchlaufenden Fachwerksgelenkträgern, einfachen Balkenfachwerksträgern und Hängebrücken besprochen. Das Buch ist in einer so leicht verständlichen Sprache gehalten, daß sein Inhalt vielfach auch von Nichttechnikern verstanden werden kann. In diesem Werkchen steckt zweifellos ein großes Stück Erziehungsarbeit. Es bedarf doch nur der Anregung und der Kritik des Bestehenden, um Unzweckmäßigkeiten und Schönheitsfehler bei Schaffung von Neuem zu vermeiden, und man muß im Sinne des Verfassers wünschen, daß sich nicht nur Brückenbauer mit der Ästhetik der Brücken befassen, sondern daß schon an der technischen Hochschule in jedem Zweige der Ingenieurwissenschaft das Kapitel Ingenieurästhetik behandelt werde.

Ing. Adolf Reiss-Wien.

Bildungswerte der Technik. Von Oberstudiendirektor Dr. H. Weinreich. DinA5, XII/151 Seiten mit 22 Abbildungen. Gebunden *R.M.* 7.—, für VDI-Mitglieder *R.M.* 6.30. (VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7) 1928.

Das Märchen vom angeblichen Materialismus der Technik wird in dem Buche mit aller Entschiedenheit zerstört und die Teilhaberschaft der Technik an wahrer Kultur mit aller Gewissenhaftigkeit erwiesen. Daraus leiten sich dann unangreifbare Ansprüche der Technik auf Berücksichtigung in jedem Erziehungs- und Unterrichtsplan her, der auf wahre Allgemeinbildung abzielt und es damit ernst nimmt. Ohne Eingehen auf die Technik in ihren Grundlagen und auf ihre Geschichte bleibt jede kulturgeschichtliche Unterweisung einseitig und lückenhaft. Vor allem aber sei auf die Beziehung der Technik zum sozialen Gebiet hingewiesen. Beschäftigung mit der Technik schließt auch Erziehung zu sozialem Denken in sich.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden





1929
84. Jahrgang

Heft 5
1. März

ORGAN
FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN
HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.



Buchbesprechungen.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. **H. Uebelacker,** Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. **A. E. Bloss,** Dresden

84. Jahrgang | **1. März 1929** | **Heft 5**

Maschineller Gleisumbau nach dem Verfahren Neddermeyer.

Von Reichsbahnoberrat **Stübel,** Kassel.

(Fortsetzung der Mitteilungen in Heft 20 Jahrgang 1928, Seite 435—438.)

Die sachliche Beurteilung eines neuen Gleisumbauverfahrens ist nur auf Grund von Darstellungen wirklicher Arbeitsausführungen mit Zahlenangaben möglich, die sich auf sorgfältige Aufschreibungen stützen. Es sollen daher zunächst in großen Zügen einige Ausführungsbeispiele betrachtet werden. Dabei soll gleichzeitig gezeigt werden, welche Entwicklungsstufen die Anwendung des Verfahrens bis zum heutigen Stande durchgemacht hat.

Die ersten umfangreicheren Versuche zur Erprobung des Neddermeyerschen Verfahrens auf freier Strecke wurden im Auftrage der Reichsbahndirektion Kassel von Regierungsbaumeister a. D. Neddermeyer (als Unternehmer) im Sommer 1925 auf einer eingleisigen Bahnlinie Nuttlar—Frankenberg durchgeführt. Für die Auswahl dieser Gleisumbaustrecke, bei der auch gleichzeitig die Bettung teilweise erneuert werden mußte, war bestimmend, daß sie recht ungünstige Verhältnisse aufwies: Die 3,69 km lange Umbaustrecke lag durchweg in der Steigung 1 : 100 und die Krümmungen von 300 m Halbmesser machten 55% der ganzen Umbaulänge aus; für die Gleiserneuerung stand täglich nur eine Sperrpause von $3\frac{1}{2}$ Stunden zur Verfügung.

Die Gleisjoche wurden mit Hilfe eines Kranpaares nach besonderem Plan auf einem benachbarten Bahnhofe zusammengebaut, ein weiteres Kranpaar fand an der Umbaustelle beim Aufnehmen und Verlegen der Gleisjoche Verwendung.

Das Aufnehmen und Verlegen der Gleisjoche erfolgte so wie in Heft 20, Seite 438 unter „Arbeitsgang“ allgemein beschrieben. Als Kranschienen wurden Feldbahnschienen verwendet, die auf kurzen Schwellenstücken befestigt waren. Das Verlegen der Joche in den scharfen Krümmungen verursachte keine besonderen Schwierigkeiten. Es ging in der Weise vor sich, daß das hintere Jochende auf die Bettung herabgelassen und dann angelascht wurde, während das vordere Ende noch in der Schwebelage verblieb; die richtige gekrümmte Lage des Joches wurde beim endgültigen Ablassen durch Gegendruck in der Jochmitte mittels Richteisen erreicht. Damit das Gleis nachher in den scharfen Krümmungen leicht nachgerichtet werden konnte, waren beim Zusammenbau der Joche auf dem Arbeitsplatz die Schrauben nicht vollständig fest angezogen worden; dieses ermöglichte auch, die nicht ganz zu vermeidenden kleinen Unterschiede in der Längsrichtung zu berichtigen.

Die Beförderung der Gleisjoche erfolgte damals noch auf gewöhnlichen Bahnmeisterwagen, die von und zur Umbaustelle von Hand geschoben wurden; einzelne dieser Wagen waren mit Handbremse versehen.

Das Ein- und Aussetzen der Kräne war s. Z. noch etwas mühsam, da sie ohne Hilfsgerät von Hand auf einen Kleinwagen mit drehbarer Plattform gehoben werden mußten.

In der $3\frac{1}{2}$ stündigen Umbaupause sind mit 37 Mann bis 120 m Gleis täglich einschließlich Bettungsbearbeitung erneuert worden.

Der Aufwand an Stunden für die Einzel- und die Gesamtarbeiten ist aus nachstehender Zusammenstellung zu ersehen.

Zusammenstellung A.

	Bezeichnung der Arbeiten	Aufwand an Arbeitsstunden Std./m		in % der Gleisumbauarbeiten	
a) Zum Verfahren gehörende Umbauarbeiten	Zusammenbauen der Joche (preuß. Form 8b $\frac{20\,E}{12}$)	0,58	1,41	15	36
	Aufnehmen der Joche (preuß. Form 6d $\frac{17\,E}{12}$)	0,06		1	
	Verlegen der Joche	0,16		4	
	Zerlegen der Joche	0,34		9	
	Verlegen der Kranschienen	0,16		4	
	Ein- und Aussetzen der Kräne	0,04		1	
	Befördern der Gleisjoche	0,07		2	
b) Sonstige, nicht zum eigentlichen Verfahren gehörende Umbauarbeiten	Ausräumen des Gleises	0,20	1,61		41
	Gangbarmachen der Laschenschrauben	0,13			
	Anbringen der Schienenklemmen	0,09			
	Verfüllen des Gleises und Nachziehen der Schrauben	0,10			
	Erstes Stopfen des Gleises	0,90			
	Sonstige Nebenarbeiten	0,19			
	Zweites Stopfen des Gleises		0,87		23
	Zusammen Arbeitsstunden für die eigentlichen Gleisumbauarbeiten		3,89		100
c) Bettungsarbeiten	(Die Bettung 10 bis 12 cm tief auskoffern und reinigen, Steinschlag abladen, geringe Mengen Schmutzkies aufladen)		1,21		
	Gesamtarbeitsstunden für den Gleisumbau mit teilweiser Erneuerung der Bettung		5,10		

Bei diesem ersten größeren Versuch mit dem Neddermeyerschen Verfahren wurde die Erfahrung gemacht, daß die gewöhnlichen Bahnmeisterwagen für die Beförderung der verhältnismäßig großen Lasten nicht geeignet waren. Für die weiteren Versuche sah man deshalb die Beschaffung von Spezialwagen mit Drehschemel (wegen des besseren Durchgangs durch enge Kurven und Weichenstraßen) und mit einer Tragfähigkeit von 10 t vor. Ferner erwies sich die Fortbewegung der mit Gleisjochen beladenen Wagen von Hand als zu zeitraubend und umständlich, es mußte daher, um gleichzeitig die Leistung zu erhöhen, hierfür motorische Kraft eingeführt werden.

Im übrigen hatte sich das Verfahren als recht brauchbar erwiesen, Schwierigkeiten in betrieblicher oder technischer Hinsicht hatten sich nicht ergeben, es bestanden daher keine Bedenken mehr, das Verfahren auch auf zweigleisigen Strecken anzuwenden.

Für die Zulassung des Neddermeyerschen Verfahrens auf zweigleisigen Strecken wurden vom Betriebe folgende besondere Bedingungen gestellt:

1. Die Portalkräne müssen vollkommen profilfrei zum Nachbargleise stehen (Mindestabstand 2 m).
2. Während der Vorbeifahrt eines Zuges dürfen die Portalkräne nicht bewegt werden.
3. Auf dem Nachbargleis verkehrende Züge müssen an der Umbaustelle ihre Geschwindigkeit auf 45 km/h ermäßigt haben.
4. Zu einer etwa nötigen Sperrung des Betriebsgleises müssen an der Umbaustelle Sperrsignale (6b usw.) vorgehalten werden.

Die ersten Versuche auf einer zweigleisigen Strecke wurden im Früjahr 1926 auf der stark belasteten Linie Kassel—Gießen (—Frankfurt a. M.) im Bezirk der Bahnmeisterei Gensungen ausgeführt. Es standen (unter Falschfahren einzelner Züge) nur zwei kurze Sperrpausen von 110 und 140 Minuten zur Verfügung. Die Gleisjoche waren bereits im Winter zusammengebaut und gestapelt worden. Die Gleisbettung hatte man im voraus erneuert. Das Füllrahmenverfahren war damals noch nicht eingeführt, infolgedessen mußte der Steinschlag noch vollständig durch Stopfen unter die Eisenschwellen gebracht werden.

Die Durchschnittsleistung betrug für diesen Umbau bei Verwendung von 35 Mann rd. 200 m/Tag.

Nach den an der Baustelle geführten Aufschreibungen sind z. B. in der Woche vom 8. bis 13. März umgebaut worden:

Montag ....240 m	Donnerstag 252 m	Im Durchschnitt
Dienstag ...240 m	Freitag ....120 m*)	203 m/Tag
Mittwoch ..117 m*)	Sonnabend .252 m	

Zusammenstellung B.

	Bezeichnung der Arbeiten	Aufwand an Arbeitsstunden: Std./m		in % der Gleisumbauarbeiten	
a) Zum Verfahren gehörende Umbauarbeiten	Zusammenbauen der Joche (Reichsoberbau B49 $\frac{Br+22E}{15}$)	0,44	0,95	13	27
	Aufnehmen der Joche (preuß. Form 8b $\frac{18\,E}{12}$) . .	0,03		1	
	Verlegen der Joche	0,05		1	
	Zerlegen der Joche	0,19		5	
	Verlegen der Kranschienen .	0,21		6	
	Ein- und Aussetzen der Kräne	0,01		0,3	
	Befördern der Gleisjoche . .	0,02		0,7	
b) Sonstige, nicht zum eigentlichen Verfahren gehörende Umbauarbeiten	Ausräumen des Gleises . . .	0,30	1,52		43
	Gangbarmachen der Laschenschrauben	0,08			
	Anbringen der Schienenklemmen	0,03			
	Verfüllen und erstes Stopfen des Gleises	0,82			
	Herrichten der Bankette . .	0,13			
	Sonstige Nebenarbeiten . . .	0,16			
	Zweites Stopfen		1,04		30
	Zusammen Arbeitsstunden für den eigentlichen Gleisumbau		3,51		100
c) Bettungsarbeiten	(Bettung war im voraus erneuert)		—		—

*) In der zweiten Pause wurde wegen ungünstiger Witterung nicht umgebaut.

Der Aufwand an Stunden für die Einzel- und die Gesamtarbeiten kann aus vorstehender Zusammenstellung entnommen werden.

Die günstigeren Ergebnisse gegenüber dem ersten Versuch bei den zum Verfahren gehörenden Arbeiten (vergl. Abschnitt a der Zusammenstellungen A und B) sind im wesentlichen auf die Verwendung eines Lokomotors, auf günstigere Lagerplatzverhältnisse und auf die Verwertung der bereits gewonnenen Erfahrungen zurückzuführen.

Bei der allgemeinen Einführung des Füllrahmenverfahrens für den Eisenschwellenoberbau wurde das Verfahren Neddermeyer auch auf dieses eingestellt. Es lag nahe, zur Vermeidung des immerhin beträchtlichen Arbeitsaufwandes für das Setzen der Lehrschienen ein besonderes Füllrahmenjoch (vergl. Abb. 1) für das Stampfen der Steinschlagrippen zu verwenden und dieses mit den Portalkränen nach vorher genau eingemessenen Höhen und Seitenpfählen auszulegen.

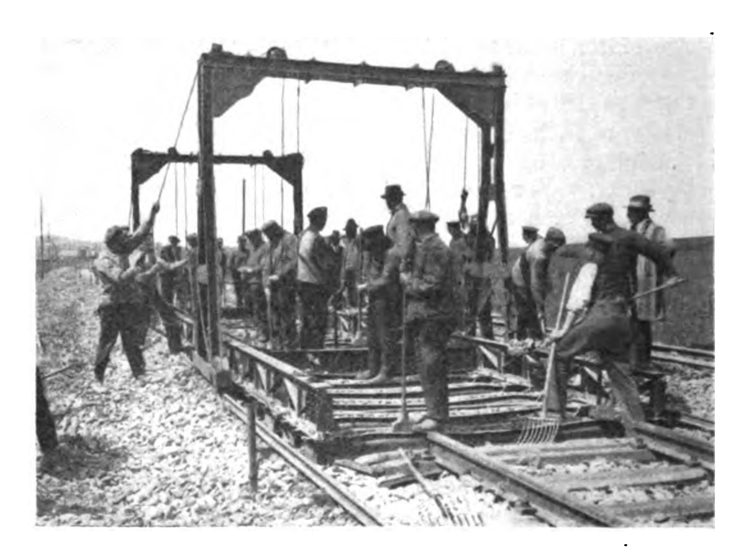


Abb. 1. Füllrahmenjoch.

Zur Herstellung des Füllrahmenjoches wurden zwei 15 m lange Gitterträger verwendet, an denen die für eine Schienenlänge erforderlichen Füllrahmen festgeschraubt waren. Um das Lehrjoch auch in Krümmungen anwenden zu können, mußte es so hergerichtet werden, daß die Füllrahmen radial und dem Bogenstich entsprechend eingestellt werden konnten. Dies erreichte man dadurch, daß an den unteren Gurten der Gitterträger sowohl wie an den Füllrahmen 20 cm lange Schlitze senkrecht zueinander angeordnet wurden.

Ferner waren an den Gitterträgern sechs Schraubenspindeln angebracht, die dazu dienten, das Joch der Höhenlage nach genau einzustellen (vergl. Abb. 2).

Das Lehrjoch hat sich indessen auf die Dauer nicht bewährt, da es in der zur Verfügung stehenden Zeit nicht immer mit der nötigen Sorgfalt eingestellt werden konnte, so daß sich manchmal Ungenauigkeiten in der Gleisanlage ergaben. Auch wurden die Leistungen der Stampfkolonnen dadurch beeinträchtigt, daß diese nicht in der sonst üblichen Weise auf einen größeren Umbauabschnitt verteilt, sondern nur auf eine Schienenlänge angesetzt werden konnten.

Auf Grund dieser Erfahrung wurde für den Eisenschwellenoberbau zu einem neuen Versuch geschritten. An Stelle der bisher beim Verfahren Neddermeyer zu Kranschienen verwendeten leichten Feldbahnschienen nahm man stärkere, auf Spindelböcken verlegte Schienen (preuß. Form 6) und benutzte diese gleichzeitig als Lehrschienen für das Stampfen der Steinschlagrippen mittels Einzelfüllkästen (vergl. Abb. 3).

Es war bei den Versuchsausführungen zu beobachten, daß sich die Portalkräne auf den stärkeren Kranschienen leicht fortbewegen ließen; merkliche Verdrückungen beim Befahren der Schienen durch die belasteten Kräne sind nicht vorgekommen. Vor dem Stampfen der Steinschlagrippen muß immerhin die einwandfreie Lage der gleichzeitig als Lehrschienen verwendeten Kranschienen nochmals nachgeprüft werden.

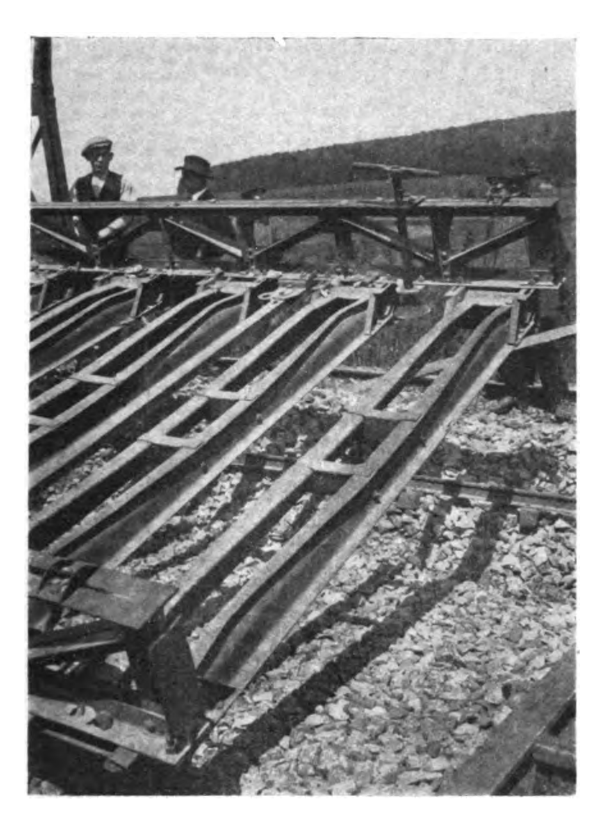


Abb. 2. Füllrahmenjoch (Teilansicht).

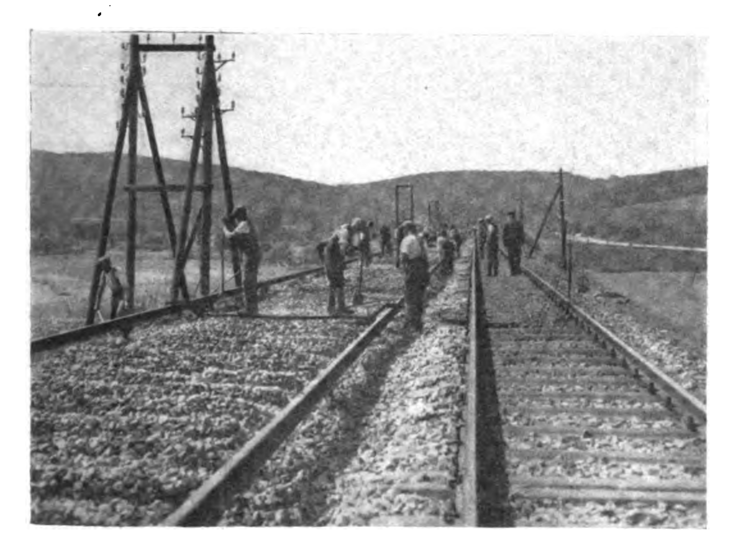


Abb. 3. Stampfen der Steinschlagrippen in Einzelfüllrahmen.

Auf Grund des günstigen Versuchsergebnisses wurde für die Folge bei der Anwendung des Füllrahmenverfahrens die neue Ausführungsart als Regelausführung eingeführt und das Lehrjoch endgültig aufgegeben.

Ein Beispiel, bei dem die neue Ausführungsart für Eisenschwellenoberbau angewendet wurde, ist der Gleisumbau im Bezirk der Bahnmeisterei Catlenburg auf der ziemlich stark belasteten zweigleisigen Strecke Northeim—Nordhausen.

Hier konnte durch Entgegenkommen des Betriebes eine längere Sperrpause von rund sechs Stunden eingerichtet werden. Die Bettungserneuerung war getrennt von dem Gleisumbau einige Zeit vorher vorgenommen worden. Bei einer Kopfzahl von 42 Mann wurden täglich bis zu 300 m Gleis umgebaut. Das Aufnehmen der alten Gleisjoche (300 m Umbaulänge) mit einem Kransatz und nur sechs Mann dauerte 90 Minuten. Es wurde aber schon gleich nach dem Aufnehmen der ersten Gleisjoche durch die Hauptzahl der Arbeitskräfte mit dem Einbringen des für die richtige Höhenlage des neuen Gleises erforderlichen Steinschlages sowie mit dem Abwalzen der Bettung und dem Stampfen der Steinschlagrippen begonnen. Das Verlegen der neuen Joche mit demselben Kransatz dauerte ebenfalls 90 Minuten. Die Tagesleistungen bei diesem Umbau hätten noch höher sein können, wenn nicht das Gleis schon geraume Zeit vor Beendigung der Sperrpause hätte geschlossen werden müssen um die alten Gleisjoche rechtzeitig nach dem 6 km entfernten Bahnhof Catlenburg bringen zu können.

Aus der nachstehenden Zusammenstellung C ist der Aufwand an Stunden für die Einzel- und die Gesamtarbeiten zu ersehen.

Zusammenstellung C.

Bezeichnung der Arbeiten		Aufwand an Arbeitsstunden Std./m		in % der Gleisumbauarbeiten	
a) Zum Verfahren gehörende Umbauarbeiten	Zusammenbauen der Joche (Reichsoberbau $B\,49\frac{Br+22E)}{15}$)	0,28	1,07	8	33
	Aufnehmen der Joche (preuss. Form $8\,b\frac{17\,E)}{12}$) . .	0,03		1	
	Verlegen der Joche	0,04		1	
	Zerlegen der Joche *) . . .	0,30		9	
	Aufstellen der Kranschienen (zugleich Lehrschienen) . .	0,34		11	
	Ein- und Aussetzen der Kräne	0,02		1	
	Befördern der Joche **) . .	0,06		2	
b) Nicht zum eigentlichen Verfahren gehörende Umbauarbeiten	Ausräumen der Bettung . .	0,16	1,88	5	58
	Gangbarmachen der Laschenschrauben	0,07		2	
	Anbringen v. Wanderklemmen (Arbeitsstunden sind bereits beim Zusammenbau d. Joche berücksichtigt worden). . .	—		—	
	Stampfen d. Steinschlagrippen	0,31		10	
	Verfüllen des Gleises . . .	0,60		18	
	Herrichten der Bankette . .	0,11		3	
	Sonstige Nebenarbeiten. . .	0,63		20	
	Zweites Stopfen		0,30		9
	Zusammen Arbeitsstunden für den eigentlichen Gleisumbau		3,25		100
c) Bettungsarbeiten	(Getrennt vom Gleisumbau kurz zuvor ausgeführt)				
	Auskoffern der Bettung . .		2,19		
	Sonstige Arbeiten		0,80		
	Abladen des Steinschlags . .		0,46		
	Aufladen der alten Bettung .		1,35		
	Zusammen Arbeitsstunden für die Bettungserneuerung . .		4,80		

*) Stark verrostetes Kleineisenzeug.

**) Weiter Fahrweg, im Durchschnitt für Hin- und Rückfahrt je 6 km.

Aus dem Vergleich der Zusammenstellung C mit der Zusammenstellung B ist zunächst zu ersehen, daß bei den zu a) gehörenden Arbeiten das Aufstellen der schweren Kranschienen (zugleich Lehrschienen) mehr Zeit erforderte als früher das Verlegen der leichten Kranschienen. Dafür sind aber bei den unter b) aufgeführten Arbeiten — wie nachstehender Ausschnitt aus den Zusammenstellungen B und C zeigt — durch Wegfall des ersten Stopfens und den Minderaufwand beim zweiten Stopfen (infolge des Füllrahmenverfahrens) so große Arbeitsersparnisse eingetreten, daß der Mehraufwand unter a) nicht nur ausgeglichen wird, sondern darüber hinaus noch ein Minderaufwand von 0,52 Arbeitsstunden/m zu verzeichnen ist.

	Zusammenstellung	B Std/m	C Std/m
a)	Verlegen der Kranschienen	0,21	0,34
b)	Verfüllen und erstes Stopfen . . .	0,82	—
	Stampfen der Steinschlagrippen . .	—	0,31
	Verfüllen des Gleises	—	0,60
	Zweites Stopfen	1,04	0,30
	Zusammen a) und b) . .	2,07	1,55

Hierdurch ist auch das Gesamtergebnis bei dem Arbeitsaufwand für den eigentlichen Gleisumbau günstig beeinflußt worden, so daß trotz Mehraufwendungen bei anderen Einzelarbeiten in der Zusammenstellung C 0,26 Arbeitsstunden weniger herauskommen als in der Zusammenstellung B, im ganzen also wiederum ein Fortschritt erzielt worden ist.

Die bei dem maschinellen Gleisumbau nach dem Verfahren Neddermeyer erzielten günstigen Ergebnisse (vergl. Abschnitt a der Zusammenstellung C) lassen sich durch verschiedene Maßnahmen noch steigern. Hierüber soll später ausführlicher gesprochen werden.

Bisher wurden hauptsächlich Ausführungen betrachtet, bei denen die Bettung vorher erneuert war. Das Verfahren Neddermeyer hat sich indessen nicht nur für den reinen Gleisumbau bewährt (bei dem es sich natürlich am günstigsten auswirkt), sondern auch bei dem Gleisumbau mit gleichzeitiger Erneuerung der Bettung in ein und derselben Sperrpause. Diese Umbauweise wird im Bezirk der Reichsbahndirektion Kassel seit einigen Jahren deshalb bevorzugt, weil sie eine unbedingt sorgfältige Ausführung verbürgt, und die Kosten gegenüber der getrennten Ausführung sich wesentlich geringer stellen. Notwendig ist allerdings, daß für eine Verdichtung der Gleisbettung vor dem Verlegen des neuen Oberbaues in geeigneter Weise gesorgt wird*).

Da es auf verkehrsreichen Strecken in der Regel nicht möglich sein wird, einen Gleisabschnitt längere Zeit außer Betrieb zu setzen, müssen diese immerhin umfangreichen Arbeiten (Gleisumbau mit gleichzeitiger Bettungserneuerung) in mehrstündigen Sperrpausen, die durch Falschfahren mehrerer Züge zu erzielen sind, ausgeführt werden. Gerade hierbei aber bietet das Neddermeyersche Verfahren besondere Vorteile, denn es läßt sich wegen seiner einfachen Handhabung leicht in den Arbeitsgang eingliedern. Auch beeinträchtigt bei den durch die Bettungsarbeiten bedingten geringeren Umbaulängen ein zeitweises Stillager der maschinellen Vorrichtungen das wirtschaftliche Gesamtergebnis nur sehr wenig, weil bei Neddermeyer im Gegensatz zu den anderen maschinellen Gleisumbauverfahren die Geräte- und Betriebskosten ausserordentlich gering sind.

*) Die Verdichtung geschieht im Bezirk der Reichsbahndirektion Kassel durch eine 5 bis 6 t schwere Motorwalze mit aufsteckbaren Schienenlaufrädern (System der R. B. D. Kassel), die mit eigener Kraft zur Umbaustelle und zurück fährt.

Aus der Reihe solcher, unter Anwendung des Neddermeyerschen Verfahrens ausgeführten Gleisumbauten mit gleichzeitiger Bettungserneuerung soll die im Bezirk der Bahnmeisterei Gandersheim auf der zweigleisigen Strecke Kreiensen—Seesen herausgegriffen und zur Beurteilung des wirtschaftlichen Erfolges nachher in Vergleich gestellt werden mit zwei gewöhnlichen Ausführungen ganz von Hand (Bahnmeisterei, Unternehmer) bei sonst möglichst gleichartigen Arbeitsverhältnissen.

Als vorbereitende Arbeit für die vollständige Gleiserneuerung unter Verwendung des Verfahrens Neddermeyer

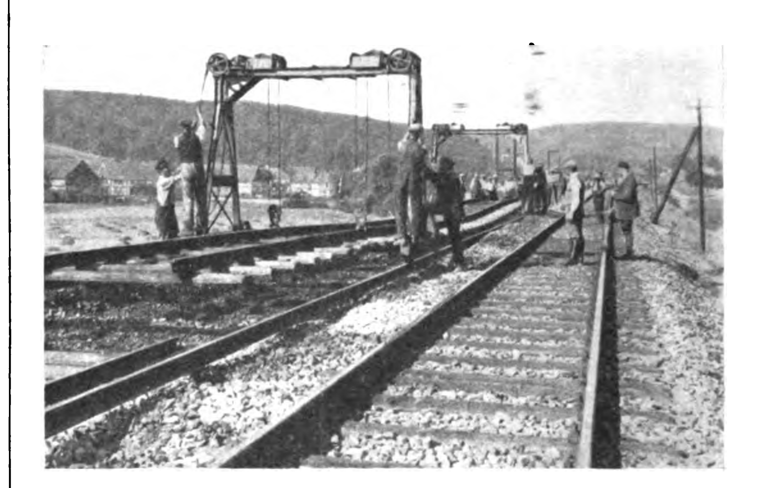


Abb. 4. Aufnehmen eines 30 m langen Doppeljoches mittels zweier Portalkräne.

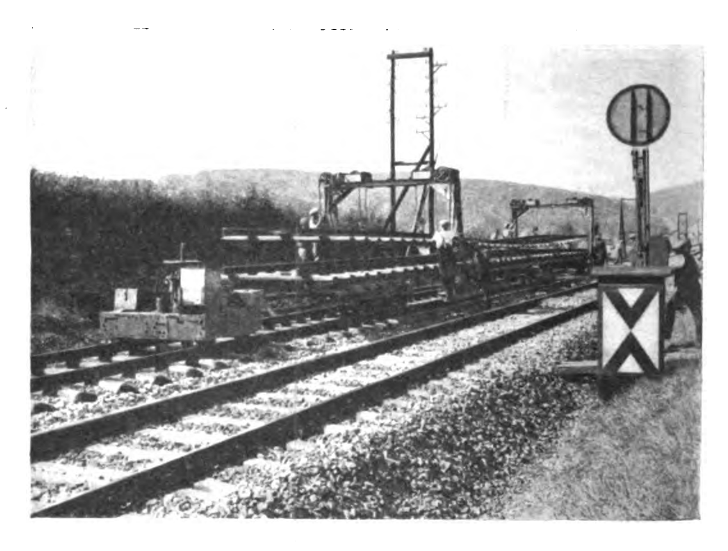


Abb. 5. Ablegen eines 30 m langen Doppeljoches auf die Spezialkleinwagen.

wurde die Bettung vor den äußeren Schwellköpfen vor Beginn des eigentlichen Umbaues erneuert. Die neuen Oberbaustoffe lagerten auf Bahnhof Gandersheim und wurden auf einem kurzen, für die Umbauzeit außer Betrieb gesetzten Nebengleis mittels eines Kranpaares zu Jochen zusammengebaut. Für den Gleisumbau war eine Sperrpause von $5\frac{1}{2}$ Stunden eingerichtet worden.

Das Aufnehmen und Verlegen der Gleisjoche wurde in der bereits bekannten Weise durch ein Kranpaar ausgeführt. Um den Arbeitern sofort nach Beginn der Sperrpause für die Bettungsbearbeitung ein möglichst großes Arbeitsfeld zu schaffen, nahm man gleich zwei zusammenhängende Joche von je 15 m auf (vergl. Abb. 4 und 5).



Nach Auskofferung der alten Bettung wurde die Unterbaukrone vorschriftsmäßig abgeglichen und der gereinigte

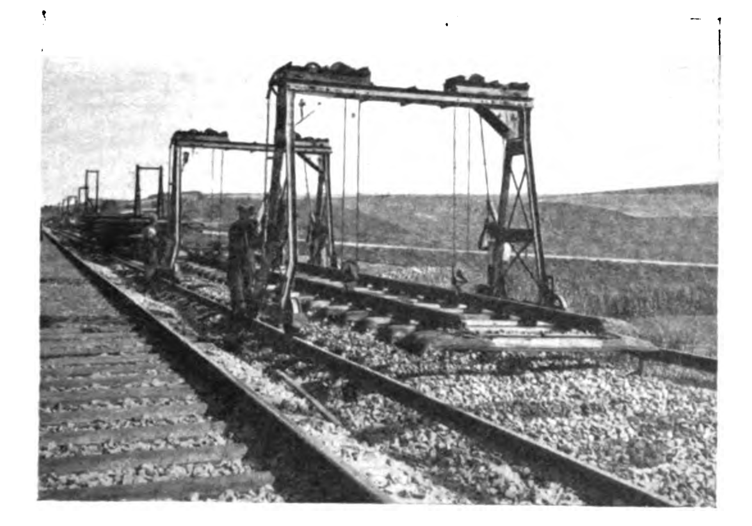


Abb. 6. Verlegen eines 15 m Joches.

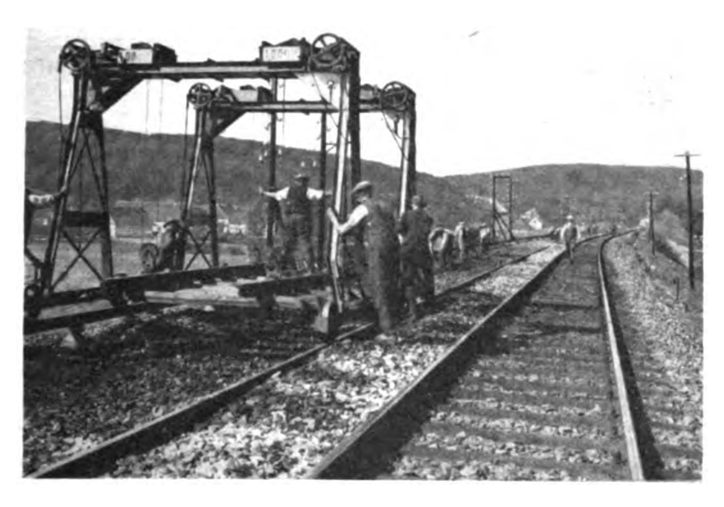


Abb. 7. Befördern des Paßstückes mittels der Portalkräne an das vordere Ende der Umbaustelle.

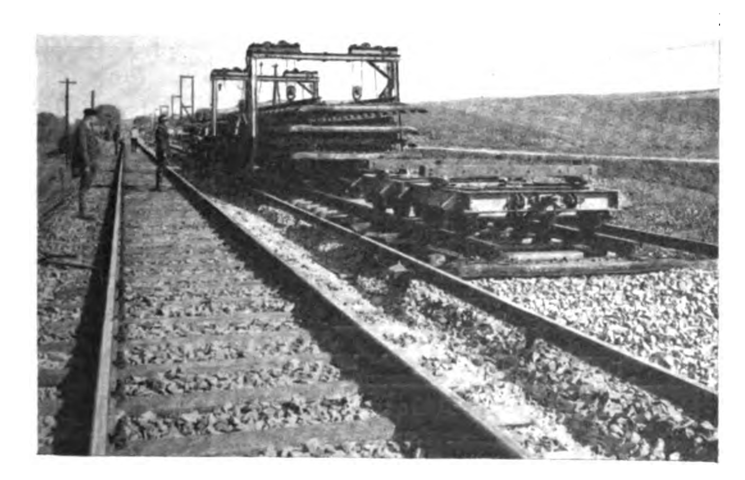


Abb. 8. Abnehmen eines neuen Gleisjoches. Im Vordergrund zwei zusammengeschobene Spezialkleinwagen.

sowie der zur Ergänzung hinzugenommene neue Steinschlag lagenweise eingebracht und abgewalzt.

Das Stampfen der Steinschlagrippen erfolgte unter Verwendung von Einzelfüllrahmen, als Lehrschienen dienten die auf Spindelböcken verlegten Kranschienen (Schienen preuß. Form 6, vergl. Abb. 3).

Das Verlegen der neuen Gleisjoche veranschaulicht die Abb. 6.

Besonderer Erwähnung wert sind noch folgende zwei Punkte:

1. Die täglich am Umbauende einzulegenden Paßschienen brauchen bei Anwendung des Verfahrens Neddermeyer nicht von den Schwellen abgenommen und von Hand vorgebracht zu werden, das Paßstück wird vielmehr als Ganzes durch die Kräne, die die ganze Umbaustelle trotz der Unterbrechung des Gleises bestreichen, nach vorn befördert (ein nur diesem Verfahren eigener Vorteil, vergl. Abb. 7).

2. Die Verwendung der kurzen, niedrigen Spezialkleinwagen für die Beförderung der Gleisjoche anstatt der langen SS-Wagen bringt den Vorteil mit sich, daß die Spezialwagen, schon nachdem die ersten entladen sind, auf kurzen Raum zusammengeschoben werden können, wodurch kleinste Fahrwege für das Vorbringen der weiteren Joche entstehen (vergl. Abb. 8).

Vergleichende Zusammenstellung

über den Aufwand an Arbeitsstunden für 1 km Gleisumbau mit gleichzeitiger Bettungserneuerung.

1. Nach dem Verfahren Neddermeyer (Spalte 3).
2. Nach dem gewöhnlichen Umbauverfahren von Hand
   a) bei Ausführung durch Arbeitskräfte der Bahnmeisterei (Spalte 4).
   b) bei Ausführung durch einen Unternehmer (Spalte 5).

Laufende Nr.	Bezeichnung der Arbeiten	Aufgewendete Arbeitsstunden durch		
		Neddermeyer Std./km	Bahnmeisterei Std./km	Unternehmer Std./km
1	2	3	4	5
	I. Gleisumbauarbeiten.			
1	Abladen und Stapeln sämtlicher Neustoffe im Bahnhof . . .	150	—	—
2	Abladen und Stapeln der neuen Schwellen und des Kleineisens im Bahnhof und Verteilen der Schienen auf der Umbaustrecke	—	579	276
3	Aufladen und Verteilen der neuen Schwellen und des Kleineisens auf der Umbaustrecke . . .	—	681	511
4	Aufnehmen der alten Gleisjoche einschließlich Ablaschen und Ablegen auf Spezialkleinwagen	35	—	—
5	Beförderung der alten Gleisjoche zum Bahnhof	13	—	—
6	Zerlegen der alten Gleisjoche sowie Stapeln und Bündeln der Stoffe im Bahnhof	532	—	312
7	Ausbau des alten Gleises einschließlich Gangbarmachung der alten Schrauben im Umbaugleis	—	507	312
8	Verladung der ausgebauten Oberbaustoffe auf Bahnwagen . .	—	465	293
9	Abladen der alten Oberbaustoffe von Bahnwagen im Bahnhof, soweit über diese nicht sofort verfügt werden konnte, sowie Stapeln und Bündeln der Stoffe	—	367	338
	Zu übertragen . .	730	2599	1730

Laufende Nr.	Bezeichnung der Arbeiten	Aufgewendete Arbeitsstunden durch		
		Neddermeyer Std./km	Bahnmeisterei Std./km	Unternehmer Std./km
1	2	3	4	5
	Übertrag . .	730	2599	1730
10	Aufstellen der Lehrschienen .	417	518	398
11	Stampfen der Steinschlagrippen	367	—	—
12	Zusammenbau der neuen Gleisjoche im Bahnhof und Aufladen auf die Spezialwagen .	330	—	—
13	Beförderung der neuen Gleisjoche zur Umbaustelle . .	12	—	—
14	Verlegen der neuen Gleisjoche einschließlich Anlaschen . .	}977 67	—	—
15	Herstellen des Anschlusses, endgültiges Anziehen d. Schrauben u. Einbau d. Schienenklemmen	188	—	—
16	Ein- und Aussetzen der Portalkräne	13	—	—
17	Einbau des neuen Gleises von Hand unter Anwendung des Füllrahmenverfahrens . .	—	1179	1384
18	Verfüllen d. neuverlegten Gleises	575	465	479
19	Unterhaltung des neuen Gleises einschließlich 2. Stopfen . .	1165	1098	1116
20	Sonstige Arbeiten (Teeren der Schrauben, Ansetzen des Steinschlages, Herrichten des Seitenbanketts)	416	546	409
	Zusammen aufgewendete Arbeitsstunden für den reinen Gleisumbau	4280	6405	5516
21*)	Gerätekosten umgerechnet in Arbeitsstunden	309		
22	Arbeitsstunden des Lokomotorführers	62		
23	Kosten der Betriebsstoffe für den Lokomotor, umgerechnet in Arbeitsstunden: Benzol für 1 km rund 130 kg, Öl 12 kg, $45 + 12 = 57$ *RM*; $\frac{57}{0,75}$ = . .	}460 76		
24	Beförderungskosten der Geräte für 1 km Umbaulänge rund 10 *RM*, umgerechnet in Arbeitsstunden: $\frac{10}{0,75}$ = . . .	13		
	Zu übertragen . .	4740	6405	5516

*) Beschaffungskosten für den Lokomotor 12 000 *RM*
„ „ 4 Portalkräne 8 000 „
„ „ 12 Spezialkleinwagen 9 000 „
„ „ 1 Kleinwagen mit drehbarer Plattform und Aussetzvorrichtung 700 „
Beschaffungskosten zusammen: 29 700 *RM*

Bei einer jährlichen Umbauleistung von 32 km, einer Verzinsung von 10%, einer Tilgung von 10%, Unterhaltungskosten von 5% berechnen sich die Gerätekosten auf $\frac{29700 \cdot 25}{100 \cdot 32} = 232$ *RM* für 1 km, mithin $= \frac{232}{0.75} = 309$ Arbeitsstunden.

Laufende Nr.	Bezeichnung der Arbeiten	Aufgewendete Arbeitsstunden durch		
		Neddermeyer Std./km	Bahnmeisterei Std./km	Unternehmer Std./km
1	2	3	4	5
	Übertrag . .	4740	6405	5516
25	Kosten für die Gestellung der Lokomotiven für den Arbeitszugbetrieb beim Verteilen der Neustoffe und Verladen der ausgebauten Oberbaustoffe auf der freien Strecke $34 \cdot 15 = 510$ *RM*, umgerechnet in Arbeitsstunden: $\frac{510}{0,75}$ = ... (Lokomotivstunden nach dem Durchschnittsaufwand eingesetzt)	—	680	680
	Zusammen Arbeitsstunden für den reinen Gleisumbau einschließlich der Kosten für die Beförderungsmittel beim Verteilen und Verladen der Oberbaustoffe auf der Umbaustrecke	4740	7085	6196
	Beim Verfahren Neddermeyer sind mithin gegenüber der Bahnmeistereiarbeit 33%, gegenüber der Unternehmerarbeit 24% an Arbeitsstunden weniger aufgewendet worden.			
	II. Bettungsarbeiten.			
26	Abladen von Steinschlag (762 m³ für 1 km)	371	435	233
			nach dem wirklichen Stundenaufwand für 1 m³ auf die Vergleichsleistung von 762 m³ zu rechnen	
27	Auskoffern der alten Bettung, Ausgabeln des brauchbaren Steinschlags und lagenweiser Einbau des neuen Steinschlags zur Ergänzung der Bettung .	2235	2460	2154
28	Lagenweises Abwalzen der Bettung	144	150	149
29	Verladen der ausgebauten Bettungsstoffe (585 m³ für 1 km) .	661	878	720
			nach dem wirklichen Stundenaufwand für 1 m³ auf die Vergleichsleistung von 585 m³ zu rechnen	
	Gesamtarbeitsstunden für den Gleisumbau mit gleichzeitiger Bettungserneuerung einschließlich der Kosten für die Beförderungsmittel	8151	11008	9452
	Beim Verfahren Neddermeyer sind mithin für die **Gesamtarbeiten** gegenüber der Bahnmeistereiarbeit 27%, gegenüber der Unternehmerarbeit 14% an Arbeitsstunden weniger aufgewendet worden.			



Das Verfahren Neddermeyer ist nicht nur bei allen Gleisumbauten (Holz- und Eisenschwellenoberbau mit oder ohne Bettungserneuerung) anwendbar, sondern es gestattet auch, durch Einsetzen weiterer Kräne Gleisjoche größerer Längen aufzunehmen und zu verlegen. Hierdurch wird die Leistung wesentlich gesteigert, der Zeitaufwand erheblich verringert.

Die nachstehende Übersicht gibt Aufschluß darüber, wie bei den bisher ausgeführten Arbeiten die Kräne zur Erzielung günstigster Leistungen eingesetzt wurden.

Da zum Laden im Betriebsgleis Pausen nicht eingerichtet werden konnten, wurden die Massen nach dem Aufnehmen der alten Gleisjoche in Kippwagen verladen und über eine schiefe Ebene auf die im gesperrten Gleise stehenden Eisenbahnwagen befördert (vergl. Abb. 11).

Als große Erleichterung wurde es empfunden, daß die Zerlegung des äußerst stark verrosteten Gleisgestänges sowie der Zusammenbau der neuen Joche nicht bei ungünstiger Beleuchtung (infolge starker Rauchbildung im Tunnel) ausgeführt zu werden brauchte, sondern daß diese Arbeiten bei

Anzahl der Kräne	Arbeitsweise der Kräne	Anwendung	Erzielte Leistungen			
			beim Aufnehmen		beim Verlegen	
			m	in Min.	m	in Min.
2	Ein Kranpaar nimmt zunächst die alten 15 m Joche auf und verlegt nachher die neuen	Angewendet beim Gleisumbau mit gleichzeitiger Bettungserneuerung. (Um das Aufnehmen der Joche zu beschleunigen, werden neuerdings 2 × 15 = 30 m Gleislänge zusammenhängend durch 2 Kräne aufgenommen)	150	45	150	50
4	Ein Kranpaar nimmt die alten 2 × 15 = 30 m Joche auf, während das zweite die neuen 15 m Joche verlegt *)	Angewendet beim Gleisumbau ohne Bettungserneuerung zur Erhöhung der Leistung	360	65	360	70
3	Drei Kräne nehmen zunächst 2 × 15 = 30 m alte Joche auf und verlegen nachher neue 30 m Joche	Angewendet beim Gleisumbau mit Bettungserneuerung auf FD-Zug-Strecken	360	80	360	95

*) Die zwei Kräne für das Verlegen wurden anfangs beim Aufnehmen mit verwendet, die Kräne für das Aufnehmen später beim Verlegen.

Beim Gleisumbau ohne Bettungserneuerung lassen sich die Leistungen durch Verwendung von fünf Kränen entsprechend steigern. Zwei Kräne nehmen dann 2.15 = 30 m alte Joche auf, während drei Kräne gleichzeitig die neuen 30 m Joche verlegen.

Weiter wurden bereits im Reichsbahndirektionsbezirk Kassel und zwar in einer Krümmung mit einem Halbmesser von 760 m 4.15 = 60 m Joche durch vier Kräne zusammenhängend aufgenommen. Zur Verlegung von Jochen von 60 m Länge und mehr auf FD-Zug-Strecken und in Tunneln hat sich hier noch keine Gelegenheit geboten. Der Einbau derartiger Längen unter Verwendung der Kräne ist ohne Zweifel möglich.

Gleisumbauten in Tunneln mit 18 m langen Schienen sind bisher an zwei Stellen im Bezirk der Reichsbahndirektion Kassel nach dem Verfahren Neddermeyer ausgeführt worden und zwar im 270 m langen Walkenrieder Tunnel (Strecke Northeim—Nordhausen) und im 960 m langen Ertinghäuser Tunnel (Strecke Ottbergen—Nordhausen), letzterer mit einer Krümmung von 700 m Halbmesser. In beiden Fällen wurde Oberbau der preuß. Form $8\frac{\text{Br}+29\text{ H E}}{18}$ ausgebaut und Reichsoberbau $\text{T }49\frac{\text{Br}+27\text{ H}}{18}$ verlegt, gleichzeitig war mit dem Gleisumbau die Bettung zu erneuern. Zum Aufnehmen und Verlegen der 18 m-Joche wurde nur ein Kranpaar verwendet (vergl. Abb. 9).

Die profilfreie Stellung der Kräne in Tunneln zeigt Abb. 10.

Im Walkenrieder Tunnel mußte der Gleisumbau in Sperrpausen ausgeführt werden, während im Ertinghäuser Tunnel die beiden umzubauenden Gleise wechselseitig außer Betrieb gesetzt wurden. Bei dem letztgenannten Umbau lagen insofern besondere Schwierigkeiten vor, als außer der verschmutzten Bettung auch noch die durchweg zu hoch stehende, 30 bis 40 cm starke Packlage entfernt werden mußte.

Tageslicht sachgemäßer, schneller und mit geringeren Gefahren für die Arbeiter erledigt werden konnten.

Als ein weiterer Vorteil erwies sich im vorliegenden Falle, bei dem das Betriebsgleis durch Arbeitszüge nicht besetzt werden durfte, daß der maschinelle Aus- und Einbau der

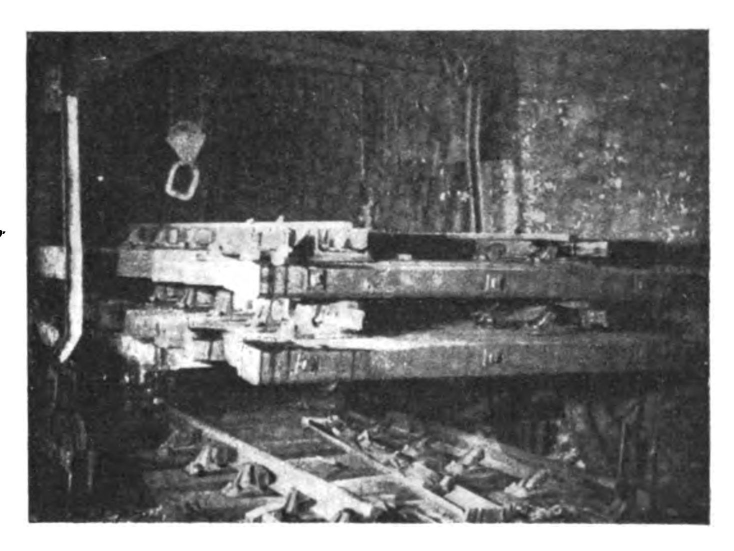


Abb. 9. Abnehmen eines 18 m Gleisjoches von den Spezialkleinwagen im Tunnel.

Gleisjoche durch einige Mann ausgeführt werden konnte, während beim Umbau von Hand das Abbrechen des alten und das Vorstrecken des neuen Gleises vor Kopf unter Einsatz einer erheblich größeren Anzahl Arbeitskräfte hätte erfolgen müssen.

Weiterhin ist das Verfahren Neddermeyer bei Bettungserneuerung im Zusammenhang (ohne Gleisumbau) mit Vorteil in der Weise angewendet worden, daß das Gleisgestänge abschnittsweise in Sperrpausen durch

die Kräne aufgenommen, auf das gesperrte Gleis beiderseits der Baustelle abgelegt und nach Fertigstellung der Bettungsarbeiten wieder verlegt worden ist. Es soll besonders darauf aufmerksam gemacht werden, daß sich hierbei das Füllrahmenverfahren anwenden läßt, dessen Vorteile wegen der Schonung des Bettungsstoffes und der Erzielung einer guten Gleislage unbestritten sind.

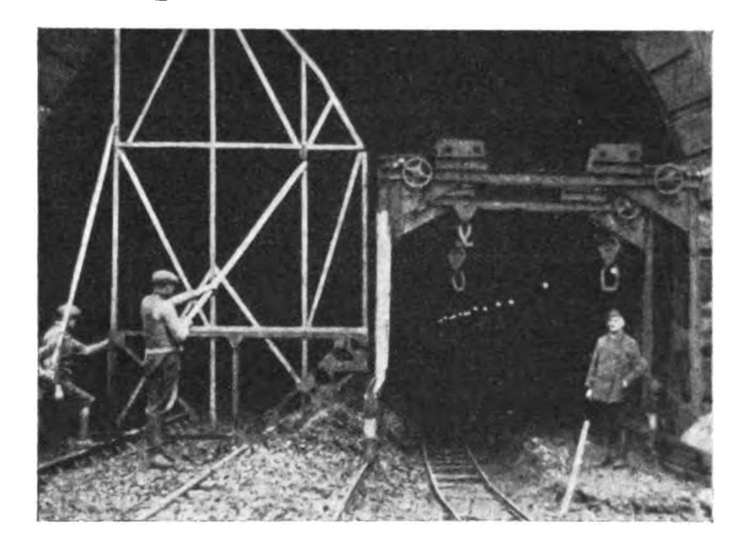


Abb. 10. Profilfreie Stellung der Portalkräne im Tunnel.

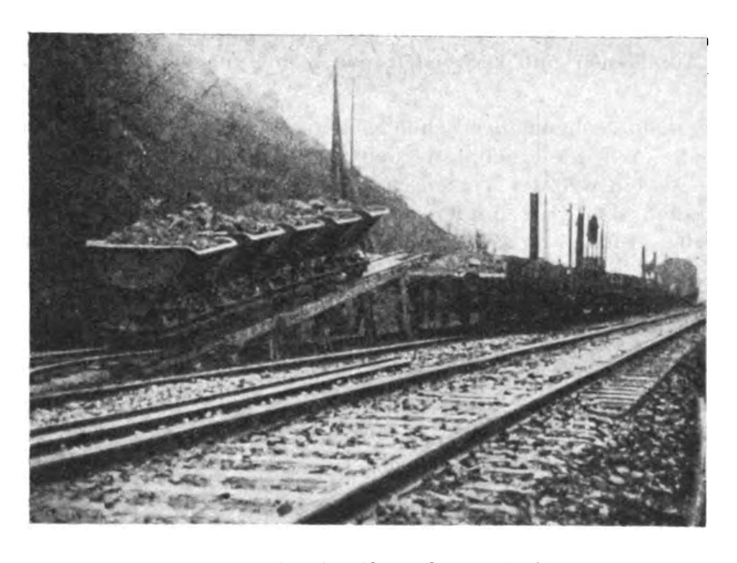


Abb. 11. Beförderung der im Tunnel ausgekofferten Massen in Kippwagen über eine schiefe Ebene auf die Eisenbahnwagen.

Als weitere Anwendungsmöglichkeit des Verfahrens Neddermeyer soll noch erwähnt werden, daß größere Längen noch gut erhaltener Gleise jochweise aufgenommen und an anderer Stelle durch die Kräne wieder verlegt werden können. Dieses wird z. B. auf FD-Zug-Strecken mit einer Liegedauer der Gleise von nur 12 Jahren demnächst vorkommen.

Im Reichsbahndirektionsbezirk Kassel sind bis jetzt rund 70 km Gleisumbau (zum größten Teil mit gleichzeitiger Bettungserneuerung) durch den Regierungsbaumeister a. D. Neddermeyer (als Unternehmer) ausgeführt worden. Diese teilweise unter den schwierigsten örtlichen und betrieblichen Verhältnissen durchgeführten Arbeiten haben gezeigt, daß das Verfahren Neddermeyer wohl in allen Fällen anwendbar, zweckmäßig und wirtschaftlich ist.

Im folgenden sollen zusammenfassend die Vorteile des maschinellen Gleisumbaues und des Verfahrens Neddermeyer im besonderen noch aufgeführt werden:

a) Allgemeine Vorteile des maschinellen Gleisumbaues gegenüber der Handarbeit.

1. Verkürzung der Gesamtbauzeit durch größere Leistungen.
2. Verkürzung der Beeinträchtigung des Betriebs.
3. Verminderung der Ausführungskosten.
4. Geringerer Bedarf an Arbeitskräften.
5. Vermeidung der Lagerung von Oberbaustoffen auf freier Strecke vor und nach dem Gleisumbau.
6. Verminderung der Gelegenheit zu Anschlägen (Sabotageakte).
7. Schonlichere Behandlung der Neustoffe.
8. Vermeidung jedes Stoffverlustes auf der Umbaustelle.
9. Größerer Rückgewinn an brauchbarem Kleineisen durch schonlichere Zerlegung der Joche außerhalb der Umbau pausen.
10. Schonung der Arbeitskräfte infolge Heben und Befördern der schweren Lasten durch Kranvorrichtungen.

b) Besondere Vorteile des Verfahrens Neddermeyer gegenüber anderen maschinellen Umbauverfahren.

1. Verwendung der Kräne auch beim Zusammenbau und beim Verladen der Gleisjoche.
2. Sehr bescheidene Ansprüche an Platzverhältnisse beim Zusammenbau der Joche auf Bahnhöfen.
3. Wirtschaftliche Verwendbarkeit bei sämtlichen Umbauarten (mit und ohne Bettungserneuerung) einerlei, ob für Oberbau mit Holz- oder Eisenschwellen.
4. Größere lichte Weite der Kräne gegenüber anderen Gleisverlegemaschinen.
5. Verwendbarkeit auch in Tunneln und bei sonstigen beschränkten Raumverhältnissen.
6. Fortfall der täglichen Kranbeförderung von und zur Umbaustelle (Kräne werden an der jeweiligen Umbaustelle ausgesetzt).
7. Sofortiges Aufnehmen der Joche mit Beginn der Sperrpause, so daß rasch ein freies Arbeitsfeld für die Bettungsbearbeitung geschaffen wird.
8. Bestreichen der Umbaustelle auch über die Gleisunterbrechung hinweg.
9. Einfachste Bedienung der Kräne von Hand, keine Motorstörungen, trotz Handbedienung gute Leistungen (günstiges Übersetzungsverhältnis beim Hubwerk, besondere Senkvorrichtung, niedrige Transportwagen).
10. Geringste Kosten für Beförderung der Joche auf Spezialkleinwagen durch Lokomotor (keine teueren Lokomotivstunden).
11. Anwendungsmöglichkeit auch in kürzeren Sperrpausen.
12. Geringe Gerätekosten für die Kräne und Betriebsmittel.
13. Anwendung auch beim Aufnehmen und Verlegen von 30 m-Jochen und solchen von noch größerer Länge.

Wie aus der vorstehenden Aufstellung unter a ersehen werden kann, bietet der maschinelle Gleisumbau an sich schon gegenüber der Handarbeit eine Reihe von Vorzügen, die teils eine Ersparnis an Arbeitsstunden, teils sonstige wesentliche Vorteile mit sich bringen, die außerhalb des wirtschaftlichen Arbeitsergebnisses liegen. Darüber hinaus fügt das Verfahren Neddermeyer, wie die Zusammenstellung unter b erkennen läßt, noch eine stattliche Reihe von Vorzügen beider Arten hinzu. Von diesen ist ganz besonders der hervorzuheben, daß 30 m-Joche und solche größerer Länge ohne weiteres verlegt werden können, worin das Verfahren Neddermeyer zweifellos allen bisher bekannten Gleisumbauverfahren überlegen ist.

Um die wirtschaftlichen und sonstigen Vorteile des Verfahrens Neddermeyer nutzbar zu machen, kommt in Frage,



soweit die Gleisumbauarbeiten mit eigenen Leuten ausgeführt werden sollen, für diese Arbeiten besondere Bautrupps aufzustellen und diese mit den nötigen, zum Verfahren gehörenden Geräten auszurüsten.

Für einen solchen Bautrupp würden außer den Aufsichtsführenden 12 bis 15 Mann als Stamm im allgemeinen genügen, die darüber hinaus notwendigen Arbeitskräfte für die betreffende Baustelle könnten anderweitig herangezogen werden.

Für die rechtzeitige Erledigung eines umfangreichen Umbauprogramms wird die Aufstellung mehrerer solcher Bautrupps und damit auch die Beschaffung der entsprechenden Anzahl Umbauvorrichtungen erforderlich werden. Die Beschaffung der Vorrichtungen wird sich, da die Gerätekosten bei dem Verfahren Neddermeyer gegenüber anderen maschinellen Gleisumbauverfahren erheblich niedriger sind, leicht durchführen lassen. Die Ausführungsweise setzt voraus, daß schon vor Anlieferung der Stoffe ein Umbauplan aufgestellt wird, weil die betreffenden Stoffe für den Zusammenbau der Joche auf einem der Umbaustrecke benachbarten Bahnhof oder einem Sammellagerplatz gestapelt werden müssen.

Die Tragfederwerkstätte des Reichsbahn-Ausbesserungswerkes Schwetzingen.

Von Reichsbahnrat **Peters**, Werkdirektor des Reichsbahn-Ausbesserungswerkes Schwetzingen.

Zur sachgemäßen Bearbeitung der Tragfedern der Eisenbahnfahrzeuge müssen die Tragfederwerkstätten verschiedene Glühöfen haben, in denen die vorgeschriebene Härte- und Anlaßtemperatur gleichmäßig gehalten werden kann, und Federstahls eine fließende Fertigung große Vorteile bietet, hat die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahngesellschaft im Jahre 1926 angeordnet, daß in den Werkstättenbezirken die Bearbeitung der Tragfedern in einigen Ausbesserungswerken,

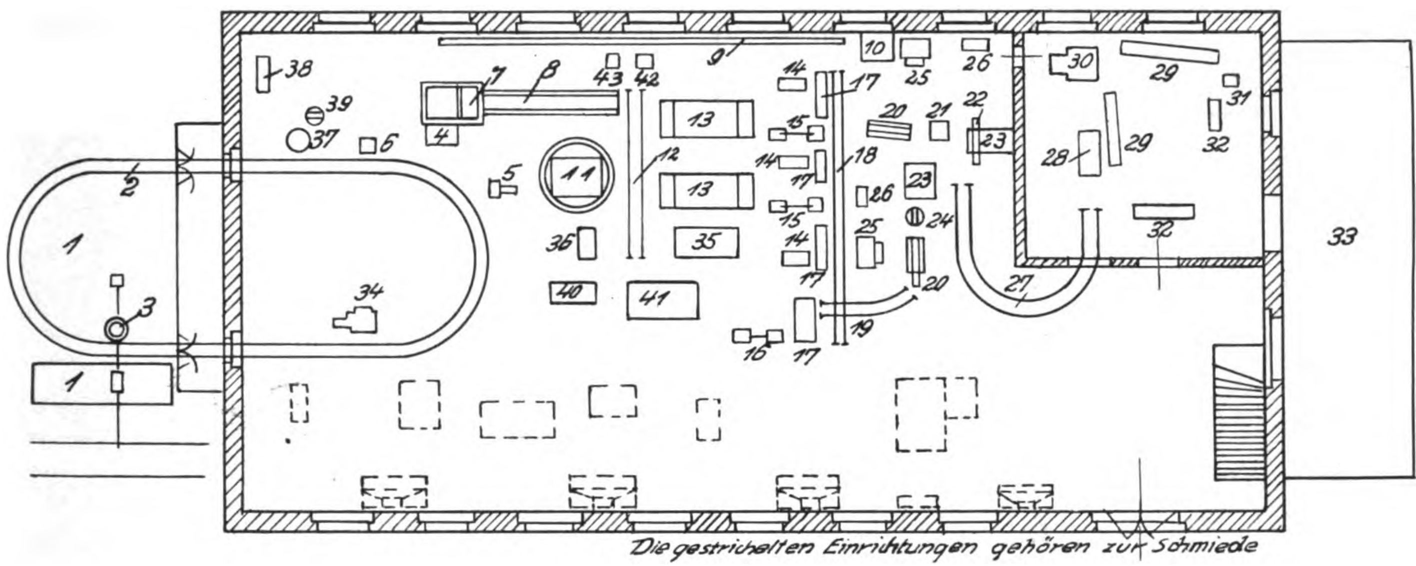


Abb. 1. Grundriß der Tragfederwerkstätte.

Zeichenerklärung.

1 Lagerplatz für schadhafte Tragfedern
2 Fördergleis
3 Drehkran mit elektrisch betriebener Laufkatze
4 Druckluftfallhammer zum Abziehen der Federbunde
5 Riemenfallhammer zum Abziehen der Federbunde
6 Federbundanwärmemaschine (elektrisch)
7 Hebetisch (hydraulisch)
8 Arbeitstisch zum Auswechseln schadhafter Blätter
9 Rollenbahn zur Beförderung der Federbunde
10 Sammelstelle für Federbunde
11 Ersatzblattlager
12 Fördergleis
13 Ofen (mit Ölfeuerung) zum Anwärmen der Federblätter zum Aufrichten
14 Federblattwalze zum Aufrichten der Federblätter
15 Stielhammer zum Zurückrichten überwalzter Federblätter
16 Stielhammer zum Richten gerader und schwach gebogener Blätter
17 Arbeitstisch zum Zusammensetzen der Federblätter zum Aufrichten
18 Fördergleis
19 Fördergestell
20 Arbeitstisch zum Einölen der Federblätter
21 Vorrichtetisch zum Auflegen der Federbunde
22 Zentriervorrichtung für die Federbunde
23 Federbundaufziehpresse (hydraulisch)
24 Ambos
25 Ofen (mit Ölfeuerung) zum Erhitzen der Federbunde
26 Fallhammer zum Aufweiten der Federbunde
27 Fördergleis für gebundene Federn (Abkühlstrecke)
28 Federprüfmaschine
29 Fördergestell
30 Bohrmaschine zum Bearbeiten der Federbolzenlöcher
31 Richtplatte
32 Arbeitstisch
33 Ablegeplatz für instandgesetzte Tragfedern (Austauschlager)
34 Kaltsäge zum Ablängen der Federblätter
35 Ofen (mit Ölfeuerung) zum Erhitzen der Federblätter zum Anspitzen, Warzen, Lochen, Biegen und Härten
36 Presse (hydraulisch) zum Anspitzen, Warzen, Lochen und Biegen der Federblätter
37 Federaugenrollmaschine
38 Ofen (mit Ölfeuerung) zum Erhitzen der Federblattenden zum Rollen
39 Ambos
40 Bottich zum Härten der Federblätter
41 Salzbadeofen (mit Ölfeuerung) zum Anlassen der Federblätter
42 Kugeldruckpresse
43 Schmirgelscheibe.

mit verschiedenen Arbeitsmaschinen ausgerüstet sein, die notwendig sind, um Handarbeit sparen, Gütearbeit leisten und die Arbeit prüfen zu können. Da solche Anlagen nur wirtschaftlich betrieben werden können, wenn sie voll ausgelastet sind, und für eine richtige Wärmebehandlung des sogenannten Sonderwerken, zusammengefaßt wird. Im Reichsbahndirektionsbezirk Karlsruhe wurde als Sonderwerk das Reichsbahn-Ausbesserungswerk Schwetzingen bestimmt. Die Sonderwerke hatten nun die Aufgabe, ihre Tragfederwerkstätte auf die erhöhten Anforderungen umzustellen und vor allen

Dingen die hierzu nötigen Einrichtungen zu beschaffen. Im Ausbesserungswerk Schwetzingen war der größte Teil dieser Einrichtungen schon vorhanden, weil hier bereits im Juli 1925 die Tragfederinstandsetzung für den ganzen Reichsbahndirektionsbezirk zusammengefaßt war, Schwetzingen sich also damals schon auf die erhöhten Leistungen einstellen mußte. Als weitere wichtige Einrichtungen wurden nur noch ein besonderer Anlaßofen (Salzbadeofen), eine hydraulische Federblattbiegepresse und eine zweite Federbundaufziehpresse beschafft.

Die Tragfederwerkstätte ist in der Schmiede untergebracht. Der Grundriß ist aus Abb. 1 ersichtlich. Bei Aufstellung der Einrichtungen wurde auf möglichst kleine Förderwege Bedacht genommen, um unnötige Verlustzeiten zu vermeiden. Leider war dies bei den beschränkten Platzverhältnissen nicht immer in dem erwünschten Maße durchführbar.

Die Tragfedern werden in fließender Fertigung bearbeitet. Da der Arbeitstakt jeweils von dem Zustand der Federn abhängt und nicht immer gleich ist, sind zwischen den einzelnen Arbeitsgängen kleine Zwischenlager eingeschaltet.

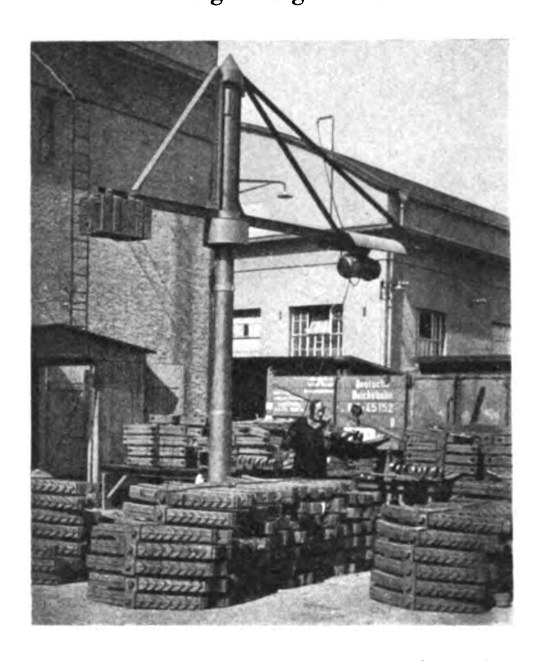


Abb. 2. Lagerplatz für schadhafte Tragfedern.

Das Arbeitsverfahren ist durch die beiden vom Reichsbahnzentralamt herausgegebenen Merkblätter für die Behandlung der Tragfedern aus Stahl von 85 kg/mm² Festigkeit und für die Behandlung der Tragfedern aus Stahl von weniger als 85 kg/mm² Festigkeit festgelegt. Es erübrigt sich daher, auf das Verfahren im einzelnen einzugehen. Es soll hier nur soweit gestreift werden als es zum Verständnis der Bilder nötig ist.

Es muß unterschieden werden zwischen

a) der Instandsetzung von Tragfedern,

b) der Herstellung neuer Ersatzblätter.

Zu a) Die zur Instandsetzung anfallenden Tragfedern werden auf dem außerhalb der Tragfederwerkstätte gelegenen Lagerplatz (Abb. 2) möglichst nach Sorten getrennt gestapelt. Von hier aus werden sie auf kleinen Rollwagen in die Tragfederwerkstätte befördert. Zum Verladen der schweren Tragfedern dient ein kleiner Drehkran mit elektrisch betriebener Laufkatze.

Zum Ausladen der in Eisenbahnwagen ankommenden schweren Tragfedern wird ein fahrbares elektrisch betriebenes Förderband benutzt (Abb. 3).

Die Federbunde werden auf einem mit Druckluft betriebenen Fallhammer (Abb. 4 und 5) abgezogen. Bei einmänniger Besetzung und neunstündiger Arbeitszeit wird eine Tagesleistung von 116 und bei zweimänniger Besetzung eine Tagesleistung von 180 Güterwagentragfedern erreicht, wobei das Bedienungspersonal des Hammers gleichzeitig auch die schadhaften Federblätter auszuwechseln hat. Bei Lokomotivtragfedern ist die Leistung infolge des höheren Arbeitsaufwandes geringer. Die Tragfedern der Personenwagen lassen sich wegen ihrer Länge auf diesem Hammer nicht zerlegen. Hierzu wird ein hierfür besonders gebauter Riemenfallhammer verwendet.

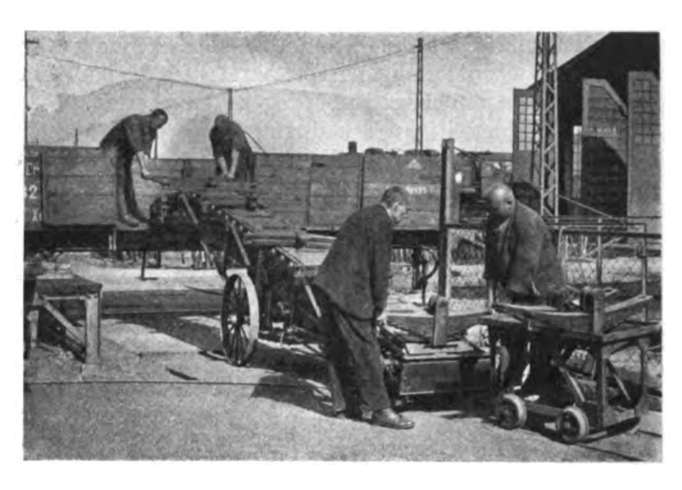


Abb. 3. Fahrbares, elektrisch betriebenes Förderband zum Verladen von Tragfedern.

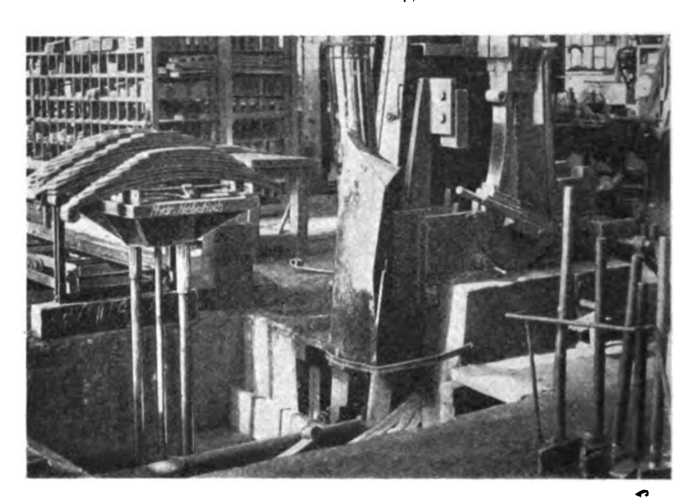


Abb. 4. Drucklufthammer zum Abziehen der Federbunde, hydraulischer Hebetisch und Ersatzblattlager.

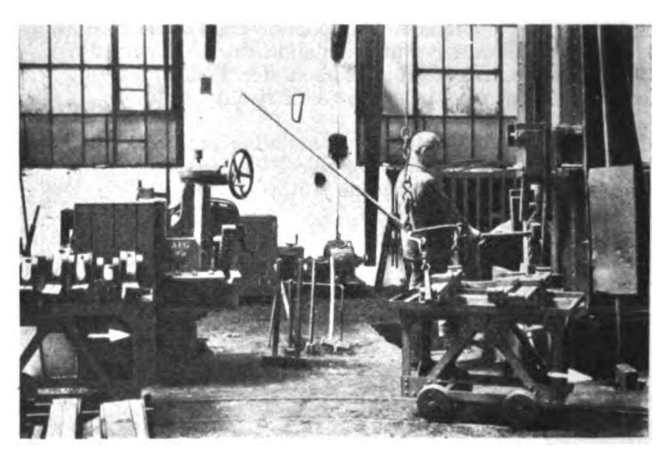


Abb. 5. Drucklufthammer zum Abziehen der Federbunde und elektrisch betriebene Federbundanwärmemaschine.

Federbunde, die sich nicht kalt abziehen lassen, z. B. stark eingerostete Bunde, werden auf einer elektrisch betriebenen

Federbundanwärmemaschine (Abb. 5) vor dem Abziehen erwärmt. Das Anwärmen dauert 1,5—2,0 Minuten bei einem Stromverbrauch von 1,5—2,0 kWh. Mit der Maschine lassen

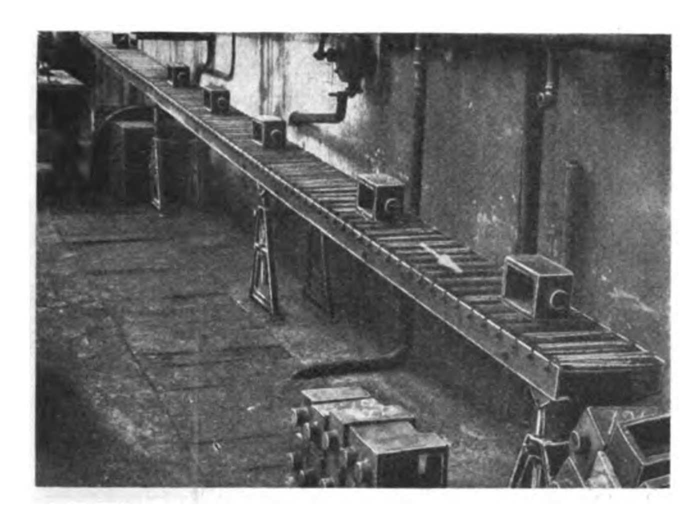


Abb. 6. Rollenbahn zur Beförderung der Federbunde.

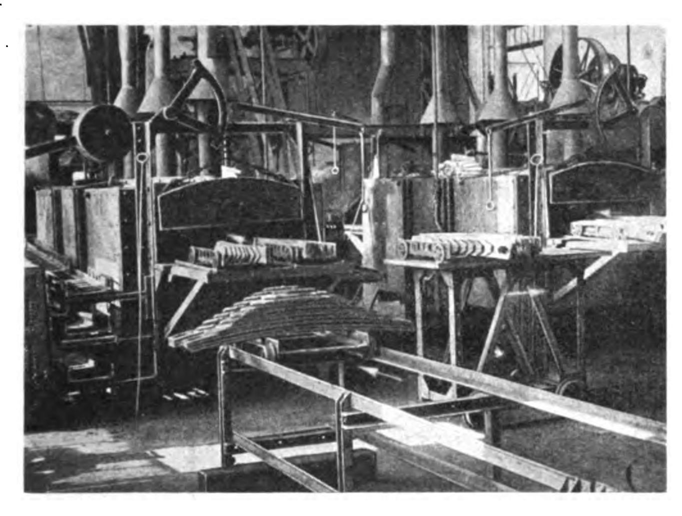


Abb. 7. Öfen (mit Ölfeuerung) zum Anwärmen der Federblätter zum Aufrichten.

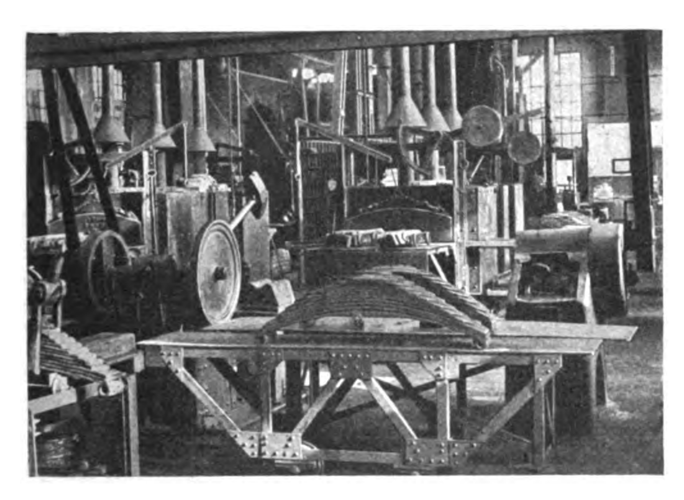


Abb. 8. Federblattwalze und Stielhammer zum Aufrichten der Federblätter.

sich in neunstündiger Arbeitszeit etwa 150 Federbunde täglich erwärmen. Im Durchschnitt müssen z. Zt. täglich nur etwa 5—6 Bunde erwärmt werden, d. s. etwa 5 v. H. des Gesamtanfalls. Die Zahl der zu erwärmenden Bunde wird zunehmen, wenn einmal alle Bunde mit der Presse aufgezogen sind.

Die Federblätter fallen nach dem Abziehen der Bunde in die neben dem Hammer befindliche Grube (Abb. 4). Hier werden die zusammengehörigen Blätter wieder zusammengesetzt, auf kleine Rollwagen gelegt und mit einem hydraulischen

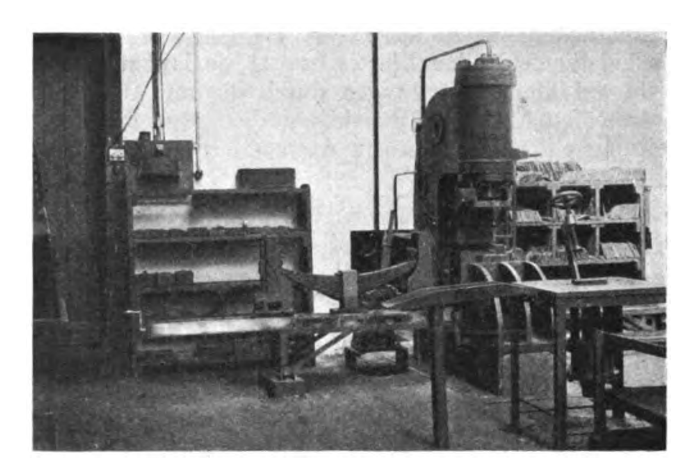


Abb. 9. Vorrichtetisch, Zentriervorrichtung und hydraulische Presse zum Aufziehen der Federbunde.

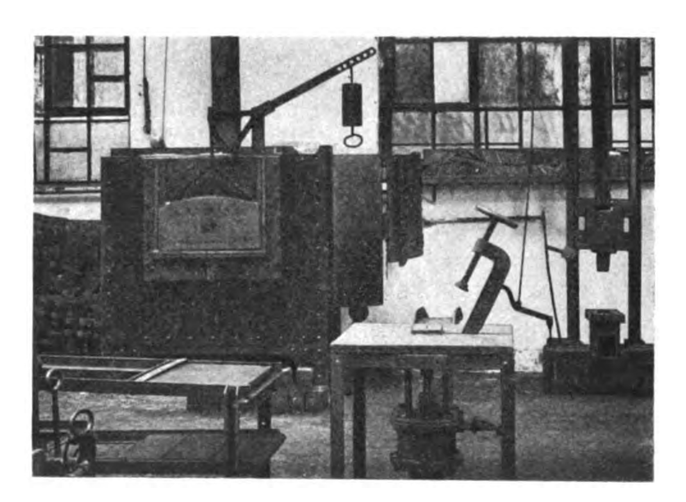


Abb. 10. Ofen (mit Ölfeuerung) zum Erhitzen der Federbunde und Fallhammer zum Aufweiten der Federbunde.

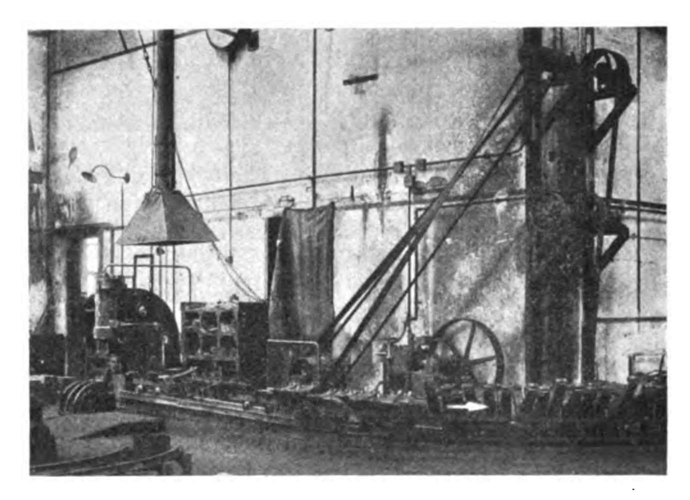


Abb. 11. Fördergleis für gebundene Federn (Abkühlstrecke).

Hebetisch auf den dahinterstehenden Arbeitstisch gehoben. Die gebrochenen Blätter werden hierbei gleich ausgeschieden. Jeder Rollwagen faßt je nach Breite der Blätter 4—5 Federn. Die abgezogenen Federbunde laufen auf einer mit Gefälle verlegten Rollenbahn (Abb. 6) zu einer Sammelstelle, wo die Bunde nachgeprüft und die unbrauchbaren Bunde ausgeschieden werden.

Um den Arbeitslauf nicht zu stören, müssen die ausgeschiedenen schadhaften Blätter sofort wieder ersetzt werden. Zu diesem Zweck befindet sich unmittelbar hinter dem Arbeitstisch das Ersatzblattlager (Abb. 4). Dieses besteht aus einem drehbaren, eisernen Fachgestell, worin die Blätter nach Sorten getrennt untergebracht sind.

Sind die fehlenden Blätter ersetzt, so laufen die Federn einzeln auf kleinen Rollwagen durch die mit Öl gefeuerten Anwärmeöfen (Abb. 7), wo sie auf die vorgeschriebene Bearbeitungstemperatur erwärmt werden. In jedem der beiden

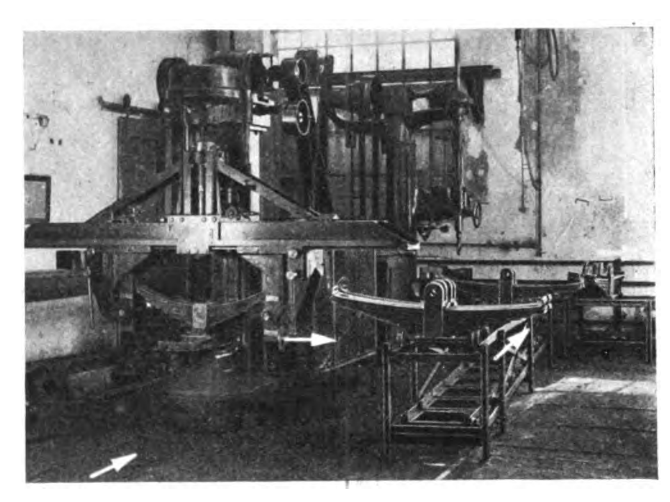


Abb. 12. Federprüfmaschine und Bohrmaschine zum Bearbeiten der Federbolzenlöcher.

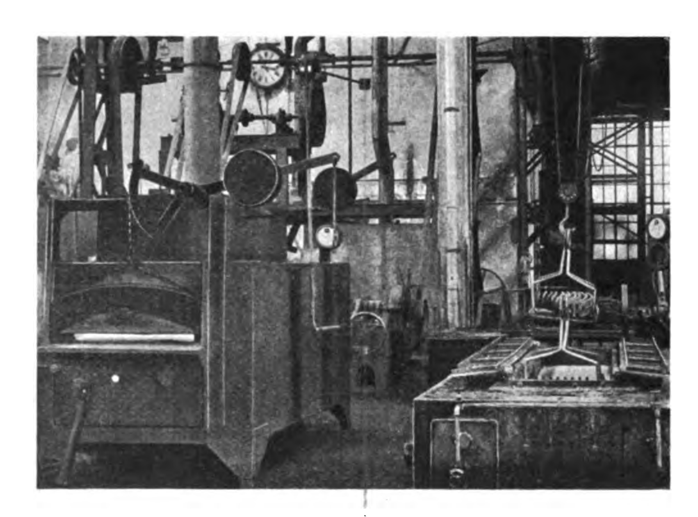


Abb. 13. Ofen (mit Ölfeuerung) zum Erhitzen der Federblätter zum Anspitzen, Warzen, Lochen, Biegen und Härten und Salzbadeofen (mit Ölfeuerung) zum Anlassen der Federblätter.

Öfen können gleichzeitig vier Lokomotiv- oder Güterwagentragfedern oder zwei lange Personenwagentragfedern erwärmt werden.

Zum Aufrichten der Federn werden Federblattwalzen (Abb. 8) benutzt. Mit einer Walze lassen sich in neunstündiger Arbeitszeit 400—450 Federblätter täglich aufrichten. Überwalzte Blätter werden mit den neben den Walzen stehenden Stielhämmern zurückgerichtet. Gerade Federblätter und Federblätter mit geringer Sprengung werden nicht gewalzt, sondern auf einem Stielhammer gerichtet.

Nach dem Aufrichten werden die Federblätter auf beiden Seiten mit einer Mischung von Öl, Talg und Graphit gestrichen. Alsdann werden sie auf dem Vorrichtetisch (Abb. 9) aufeinander gesetzt und durch einen beweglichen Bügel mit Druckluft zusammengedrückt. Über die zusammengedrückten Federblätter wird ein Spannring gelegt, der die Blätter beim Aufschieben des rotwarmen Bundes zusammenhält. Nach dem Aufschieben des Bundes wird die Beilage eingelegt und die Feder auf die hinter dem Vorrichtetisch stehende Zentriervorrichtung gesetzt, auf welcher der Bund vor dem Aufpressen genau auf Mittellage gebracht wird. Hierauf wird der Wagen, auf dem die Zentriervorrichtung gelagert ist, mit der Feder zwischen die Druckklötze der Presse gefahren und der Bund aufgepreßt. Mit der Presse lassen sich täglich je nach Be-

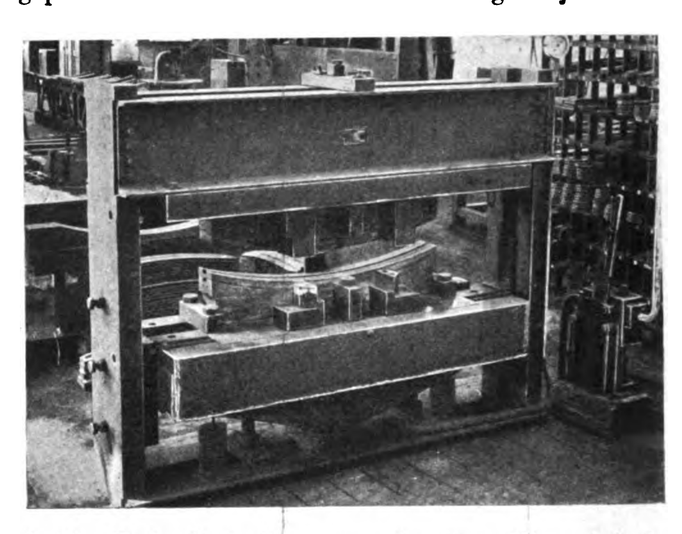


Abb. 14. Hydraulische Presse zum Anspitzen, Warzen, Lochen und Biegen der Federblätter.

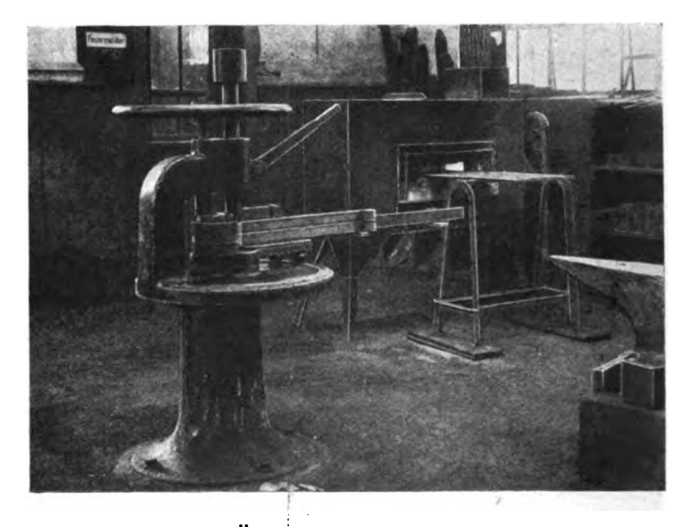


Abb. 15. Ofen (mit Ölfeuerung) zum Erhitzen der Federblattenden zum Rollen und Federaugenrollmaschine.

schaffenheit der Federbunde 80—120 Bunde aufziehen. Der Preßdruck schwankt je nach der Stärke der Bunde zwischen 50 und 80 t.

Die Bunde werden in einem besonderen Ofen, der mit Öl gefeuert wird (Abb. 10), erhitzt. Damit sich die warmen Bunde leicht über die Federblätter schieben lassen, werden sie mit dem neben dem Ofen stehenden Riemenfallhammer vorher aufgeweitet.

Nach dem Aufpressen der Bunde werden die Federn wieder auf kleine Rollwagen gelegt und wandern auf einem im Gefälle liegenden Fördergleis (Abb. 11) zur Prüfmaschine. Die Länge des Fördergleises ist so bemessen, daß die Federbunde vollständig erkaltet sind, bis sie zur Prüfmaschine gelangen.

Die Prüfmaschine (Abb. 12) ist nicht nur für die statische, sondern auch für die dynamische Prüfung der Tragfedern eingerichtet. Der höchste Prüfdruck beträgt 20 t. Mit der Maschine

lassen sich bei nur statischer Prüfung 120—130 Federn, bei statischer und dynamischer Prüfung 60—65 Federn täglich prüfen. Nach der Prüfung werden die Tragfedern nach Vorschrift gekennzeichnet, soweit nötig mit Ölfarbe gestrichen und in das Austauschlager gelegt. Tragfedern, deren Bunde Bolzenlöcher haben, wandern zum Ausbohren der Löcher vorher noch über die hinter der Prüfmaschine stehende Bohrmaschine.

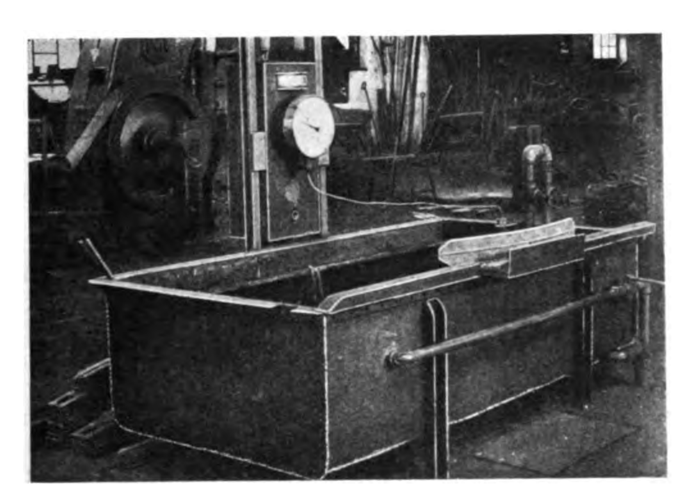


Abb. 16. Bottich zum Härten der Federblätter mit Temperaturmessern zur Feststellung der Blatt- und Wasserwärme.

Zum Verladen der fertigen schweren Federn in Eisenbahnwagen wird ebenfalls das in Abb. 3 dargestellte elektrisch betriebene Förderband benutzt.

Zu b) Die auf der Kaltsäge auf die verlangte Länge zugeschnittenen Ersatzblätter werden im Glühofen (Abb. 13) erhitzt und auf der hydraulischen Presse (Abb. 14) je nach Bauart der Federn entweder angespitzt, gewarzt und gebogen oder gelocht, gewarzt und gebogen. Anspitzen und Warzen oder Lochen und Warzen erfolgt gleichzeitig mit einem Arbeitshub. Für das Biegen ist ein weiterer Arbeitshub nötig. Diese beiden Arbeitsvorgänge wickeln sich so rasch ab, daß die im Blatt verbleibende Wärme zum Härten noch vollkommen ausreicht. Der Temperaturabfall beträgt nur 40—50° C. Es genügt also eine einmalige Erhitzung für beide Arbeitsvorgänge, während mit den alten Pressen mindestens eine zweimalige Erhitzung nötig war. Mit der Presse lassen sich unter der Voraussetzung, daß der Glühofen genügend leistungsfähig ist, 500—600 Federblätter in neunstündiger Arbeitszeit täglich herstellen.

Zum Rollen der Federaugen ist eine Rollmaschine und ein besonderer Glühofen (Abb. 15) vorhanden, worin nur die Federblattenden erwärmt werden.

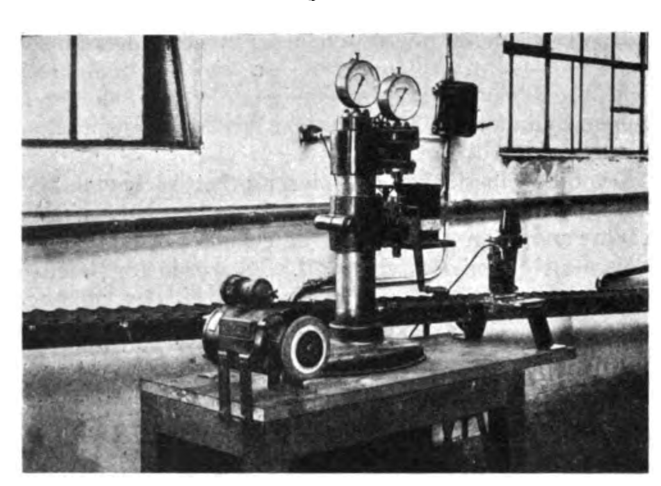


Abb. 17. Kugeldruckpresse zum Prüfen der Härte der Federblätter.

Zum Härten wird ein Bottich mit Wasserumlauf (Abb. 16) verwendet, der mit den nötigen Temperaturmessern zur Feststellung der Blatt- und Wasserwärme ausgerüstet ist.

Zum Anlassen der Federblätter wird, um eine gleichmäßige Verteilung der Wärme zu erzielen, ein mit Öl gefeuerter Salzbadeofen (Abb. 13) benützt. Zum Einsetzen der gußeisernen Federblattkörbe ist über dem Ofen eine kleine elektrisch betriebene Laufkatze angebracht. Die Leistung des Ofens beträgt etwa 600 Federblätter täglich.

Nach dem Anlassen werden die Federblätter auf einer Kugeldruckpresse (Abb. 17) auf Härte geprüft und wandern dann in das Ersatzblattlager.

Selbsttätige Schmierung bei den Speisewasser- und Luftpumpen von Lokomotiven.

Von Oberregierungs-Baurat **Franz Wagner.**

Die Speisewasser- und Luftpumpen, insbesondere jene der neuen Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft weisen eine wichtige Neuerung auf, die wegen ihrer Wirtschaftlichkeit und Bedienungserleichterung Beachtung verdient. Es handelt sich um die selbsttätige Schmierung dieser wichtigen Hilfsmaschinen. Während bisher die Schmierung der Speisewasser- und Luftpumpen durch eine auf dem Führerstand angebrachte Ölpumpe erfolgte, die von der Hand des Führers zeitweise betätigt wurde, wird bei den Speisewasser- und Luftpumpen der neuesten Lokomotiven die Ölzuführung selbsttätig entsprechend dem Gang dieser Pumpen durch eine Schmierpumpe geregelt. Außerdem kann die Schmierölmenge in weiten Grenzen dem Bedarf entsprechend eingestellt werden.

Die Handschmierung ist von der gefühlsmäßigen Betätigung seitens des Führerpersonals abhängig. Die Achtsamkeit, welche die Zuführung der richtigen Ölmenge fordert, konnte ihr das Personal nicht widmen. Ein Zuviel oder ein Zuwenig an Öl ist aber gleich gefährlich. Oft macht sich der Ölmangel an der Luft- und Speisewasserpumpe erst durch das bekannte Knurren bemerkbar, ein Zeichen, daß die bewegten Teile trocken laufen. Meist sind dann aber bereits die Folgen einer mangelhaften Schmierung eingetreten. Die immer wiederkehrenden Ausbesserungen, hervorgerufen durch den Verschleiß der Zylinderwandungen, der Kolbenstangen und das Brechen der Kolbenringe, sind in den meisten Fällen die Folgen einer unzureichenden Schmierung. Zur Vermeidung dieser Schäden sieht sich der Führer leicht veranlaßt, die Handschmierpumpe häufiger oder ausgiebiger zu betätigen. Der dann unvermeidliche Überschuß an Schmieröl ist aber ebenso schädlich wie der Mangel. Der größte Teil des Öles wird nicht verarbeitet, er wird teils durch den Auspuff ungenutzt ins Freie befördert, teils bildet er in den Zylindern und Steuerkammern die bekannten Verkrustungen durch Ölrückstände, welche die Gleitflächen und besonders den Gummibelag der Luftbremsschläuche zerstören. Wegen der Gefahr des übermäßigen Schmierens bei den üblichen Handschmiereinrichtungen vermied man auch bisher die Ölschmierung der Luftzylinder. Man befürchtete Ölexplosionen sowie Störungen in den Luftleitungen und behalf sich vielfach mit Seifenwasser, obwohl dieses als unzureichendes Schmiermittel angesehen werden muß.

Durch die Einführung der selbsttätigen Schmierpumpe war es möglich, nicht nur die Dampfzylinder, Steuerteile und Stopfbuchsen der Luft- und Speisewasserpumpen mit der richtigen Mindestölmenge zu versorgen, sondern auch die Luftzylinder mit Kompressoröl zu schmieren. Die an sich sehr geringen Ölmengen, welche für die Schmierung der Luft-

zylinder in Frage kommen, üben auch einen sehr günstigen Einfluß auf die übrigen Bremseinrichtungen aus; der Bremshahn an der Lokomotive wird durch die gefettete Luft leicht beweglich erhalten, die immer wiederkehrende Notwendigkeit, den Drehschieber auseinander zu nehmen und einzufetten, wird erspart. Auch die Bremseinrichtungen der Wagen neigen nicht mehr so sehr zum Steckenbleiben, wodurch die lästigen Bremsstöße vermieden werden.

Bei Handschmierung wären ferner für die Knorr-Nielebock-Speisewasser- und Luftpumpen, da sie Verbundanordnung haben, mehrere Handschmierpumpen zum Schmieren der einzelnen Zylinder benötigt, was eine erhöhte Inanspruchnahme des Personals bedeutet.

Da die selbsttätige Schmierung bei sachgemäßer Einstellung nur jene Mindest-Ölmenge verbraucht, welche für den einwandfreien Betrieb gerade ausreicht, sind die Ersparnisse an Schmieröl sehr groß. Es wurde im Reichsbahnbetrieb festgestellt, daß nur mehr etwa $^1/_5$ der Ölmenge benötigt ist, die früher bei der Schmierung von Hand erforderlich war.

Sowohl die Speisewasser- wie auch die Luftpumpen arbeiten häufig während des Stillstandes der Lokomotive, weshalb der Antrieb einer Schmierpumpe durch das Triebwerk, wie dies bei der Schieber- und Zylinderschmierung geschieht, ausscheidet. Die Firma De Limon Fluhme & Co. in Düsseldorf hat die Aufgabe, den Schmierpumpenantrieb abhängig vom Gang der Speisewasser- bzw. Luftpumpe auszuführen, dadurch gelöst, daß sie die Schmierpumpe auf dem Deckel des Hochdruckzylinders der Fahr- bzw. Luftpumpe aufgebaut hat und ihr Schaltwerk durch eine Stoßstange betätigt, die durch den Deckel in den Dampfraum des Zylinders hineinragt. Bei jedem Hub des Dampfkolbens wird die Stoßstange nach aufwärts gedrückt, um bei Kolbenumkehr unter dem Einfluß einer Feder in ihre ursprüngliche Lage zurückzukehren. Die auf solche Weise entstehende Hin- und Herbewegung der Stoßstange wird auf das Schaltwerk der Schmierpumpe übertragen. Die Schmierpumpe selbst ist in gleicher Art wie die im Lokomotivbetrieb bekannte Schmierpumpe Klasse N durchgebildet. Jedes Pumpenelement besteht aus dem von außen angeflanschten Zylinder und dem Druckstempel. Die Drehbewegung der Exzenterwelle wird von einer Kulissenstange auf die Druckstempel als hin- und hergehende und zugleich um ihre Achse schwingende Bewegung übertragen. Durch erstere erfolgt das Ansaugen und Fördern des Öles, während die Drehbewegung die Steuerung ohne Anwendung von Ventilen besorgt. Eine Handkurbel dient zum Vollpumpen der Ölleitungen und zum Vorölen der Schmierstellen nach längerem Stillstand der Pumpe.

Die Umdrehungszahl der Schmierpumpe kann durch Höhenverstellung der Federhülse verändert werden und zwar entspricht ihre tiefste Stellung dem größten Ausschlag des Schaltwerkes und damit auch der größten Umdrehungszahl. Diese Stellung ist die normale. Sie soll nur dann verändert werden, wenn unter besonderen Verhältnissen eine Verringerung der Öllieferung für alle Schmierstellen gemeinsam erforderlich ist. Die Stellung der Federhülse ist durch eine Gegenmutter und durch ein Sicherungsblech gesichert. Die erforderliche Ölmenge wird für jede Schmierstelle getrennt am zugehörigen Pumpenelement durch Verdrehen der mit Zeiger und Skala versehenen Regulierköpfe eingestellt.

Die DK-Pumpen haben eine entsprechende Anzahl von Ölauslässen, die zum Schmieren der Dampfzylinder, Luftzylinder, Kolbenstangen und Stopfbüchsen dienen. So hat z. B. die Schmierpumpe für eine Speisewasserpumpe zwei Ölauslässe, von denen der eine den Dampfzylinder und der zweite die Stopfbüchse und Kolbenstange mit Dampfzylinderöl versorgt. Bei den DK-Pumpen für Luftpumpen sind zwei getrennte Ölkammern vorhanden, von denen die eine mit Dampfzylinderöl zum Schmieren der Dampfzylinder, die zweite mit Luftkompressoröl zum Schmieren der Luftzylinder gefüllt wird. Die Pumpe für die Verbund-Luftpumpe Bauart Knorr-Nielebock der Einheitslokomotive der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft hat fünf Ölabgaben: die Kammer mit Zylinderöl versorgt mit drei Auslässen die Dampfzylinder und die beiden Kolbenstangen, die Kammer mit Luftkompressoröl mit zwei Ölauslässen den Hoch- und Niederdruck-Luftzylinder.

Am Ende der Ölleitung für die Dampfschmierung und der beiden Ölleitungen für die Luft-Zylinderschmierung sitzen Rückschlagventile, welche den Rücktritt von Dampf bzw. Luft in die Schmierrohre verhindern. Diese Rückschlagventile bedürfen besonderer Beachtung. Undichte Rückschlagventile lassen Kondenswasser oder Luft bis zur Pumpe zurücktreten. Hierdurch wird aber die Ölförderung unterbunden und in kurzer Zeit auch das Getriebe der Schmierpumpe zerstört. Gut abschließende Rückschlagventile (Ölsperren) und sachgemäße Führung der Öldruckleitungen sind Voraussetzung für die zuverlässige Leistung der Schmierpumpen.

Berichte.

Lokomotiven und Wagen.

Englische Lieferbedingungen für Wärmeschutzmatratzen aus Asbest.

Die wichtigsten Anforderungen, denen ein gutes Wärmeschutzmittel für Lokomotivkessel entsprechen sollte, sind ein guter Wirkungsgrad, Dauerhaftigkeit sowie schließlich ein leichter Ein- und Ausbau, so daß auch eine mehrmalige Verwendung über Kesseluntersuchungen hinweg möglich ist. Nicht alle Wärmeschutzmittel, die im Gebrauch sind, genügen aber diesen Anforderungen und der Techniker wird vielfach geneigt sein, diesem Gebiet, das ihm etwas ferner liegt, nicht die nötige Beachtung zu schenken.

Man kann die Wärmeschutzmittel vielleicht nach der Form, in welcher sie verwendet werden, unterscheiden. Von den Wärmeschutzmitteln in fester Form, den hölzernen Latten, Asbest- und Magnesiablöcken haben erstere den Nachteil, daß sie bald verkohlen und damit unbrauchbar werden. Trotzdem scheint man in England sogar heute noch Holz gelegentlich als Kesselschutz zu verwenden. Die Asbest- und Magnesiablöcke bröckeln ab und erweisen sich dadurch als nicht genügend dauerhaft. Ähnlich scheinen sich die in Kastenform aufzutragenden Schutzmassen zu verhalten, die zudem nach Kesseluntersuchungen, sobald sie entfernt werden müssen, nicht mehr verwendet werden können.

Die geeignetste und auch neuerdings am meisten verwendete Form ist die der schmiegsamen Matratze. Die Deutsche Reichsbahn verwendet derartige Wärmeschutzmatratzen mit einer Decke aus Messingdrahtgeflecht und mit Füllung aus Schlackenwolle für den Kessel bzw. Glasgespinst für die Zylinder und Einströmrohre. Die englischen Bahnen bevorzugen Asbestmatratzen. Sie sollen sehr dauerhaft sein; ihre Lebensdauer wird zu 15 bis 20 Jahren angegeben. Zerstörung durch den Einfluß der Kesselwärme oder durch Bruch ist nicht anzunehmen. Außerdem sind sie bei Untersuchungen leicht aus- und wieder einzubauen. Bei etwaigem Lecken des Kessels besteht allerdings die Gefahr, daß die Matratzen naß werden und damit der Wärmeschutz vermindert wird; eine besondere Ausführung, bei der die Matratze in gewissen Abständen auf kleinen aufgenähten Stühlchen sitzt, sucht diesen Mißstand zu vermeiden, indem sie die Matratze vom Kessel fern hält und zwischen beide eine dünne Luftschicht als weiteren Wärmeschutz einschaltet.



Zu derartigen Asbestmatratzen können allerdings nur die längsten Asbestfasern verarbeitet werden. Diese sind selten und teuer; vielfach werden daher zum Zweck der billigeren Herstellung 5 bis 20% Baumwollfäden mit den kürzeren Asbestfasern verwoben. Die Baumwollfäden verkohlen jedoch rasch und die Matratze wird damit zerstört.

Um derartige Anstände von vornherein zu vermeiden, beschafft ein großer Teil der englischen Bahnen die Asbestmatratzen nach den nachstehenden Lieferbedingungen:

Die Matratzen sollen aus chemisch reinem — blauem oder weißem — Asbest hergestellt sein und dürfen die Wärme nicht leiten. Das Gewebe der Umhüllung muß in Kette und Schuß aus fest gedrehtem Garn bestehen.

Die Matratzen müssen mit Garn aus chemisch reinem Asbest abgesteppt sein; die Heftstiche sollen etwa 76 mm voneinander entfernt sein.

Die Asbestfaser soll leicht, wollig und elastisch sein.

Die Füllung der Matratzen soll so bemessen sein, daß diese unter gleichmäßiger Belastung von 1,05 kg/cm² mindestens 1″ dick sind. Andererseits soll das Gewicht der fertigen Matratze je m² 7,3 bis 8,5 kg nicht übersteigen. Die Matratzen sollen bei dieser Füllung noch so schmiegsam sein, daß sie ohne weiteres um die verschiedenen Kesselteile gelegt werden können.

Der Feuchtigkeitsgehalt des verwendeten Asbestes soll 2,5% nicht überschreiten; er ist zu ermitteln aus dem Gewichtsverlust, den eine Probe von 2 g erleidet, wenn sie eine Stunde lang auf 105° C erhitzt wird. Der weitere Gewichtsverlust infolge Abbrandes, den die so getrocknete Probe bei einer 30 Min. dauernden Erhitzung auf Rotglut im Tiegel in einem Glühofen erleidet, soll bei Blauasbest den Betrag von 5% und bei Weißasbest einen solchen von 15%, bezogen auf die ursprüngliche, ungetrocknete Menge von 2 g, nicht überschreiten. R. D.

(The Locomotive 1928, Nr. 429.)

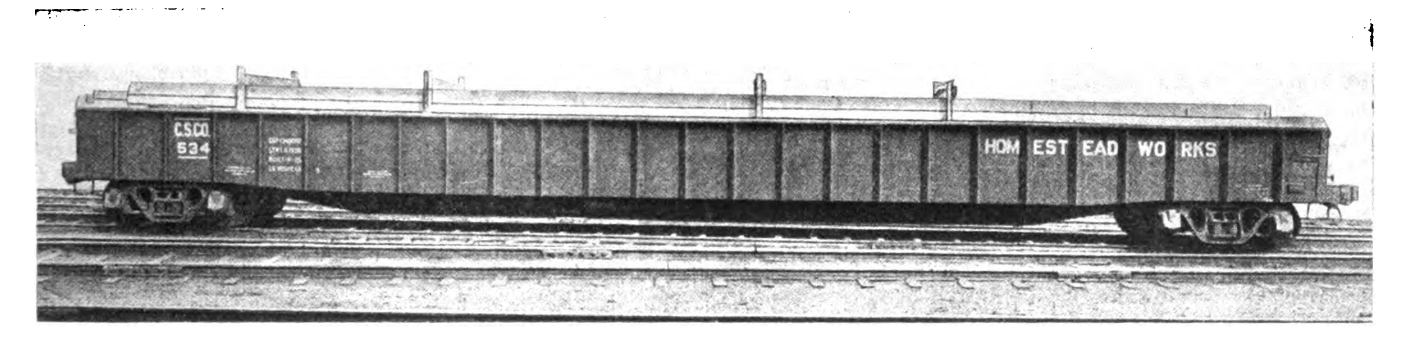
Offener Güterwagen von 20 m Länge.

Die Carnegie Stahl-Gesellschaft hat zur Beförderung von Formeisen eine Anzahl besonders langer offener Güterwagen mit folgenden Hauptabmessungen beschafft:

Länge über die Pufferbohlen	20955 mm
Ladelänge	19812 „
Ladebreite	2359 „
Abstand der Drehzapfen	17018 „
Achsstand der Drehgestelle	2350 „
Bordhöhe	914 „
Ladegewicht	63,5 t
Eigengewicht	30,5 „

Die Wagen sind ganz aus Stahl gebaut (siehe Abb.). Sie sollten Krümmungen von 60 m Halbmesser durchfahren; tatsächlich haben sie sogar noch solche von 53 m Halbmesser anstandslos durchlaufen. Allerdings mußte die Breite des Wagenkastens hierfür gegenüber den kürzeren Wagen etwas eingeschränkt werden. Der Bau derartiger Wagen war notwendig geworden, weil die Handelslänge der Formeisen allmählich auf 18 bis 20 m angewachsen und damit die Verfrachtung auf zwei Regelwagen üblich geworden war. Der neue Wagen kostet wenig mehr als die Hälfte zweier Regelwagen und seine Länge ist um 30% geringer; auch ist das Verladen auf einem Wagen einfacher und betriebssicherer. Gegenüber den offenen Schienenwagen besitzt der Hochbordwagen den Vorteil einer freizügigeren Verwendungsmöglichkeit. R. D.

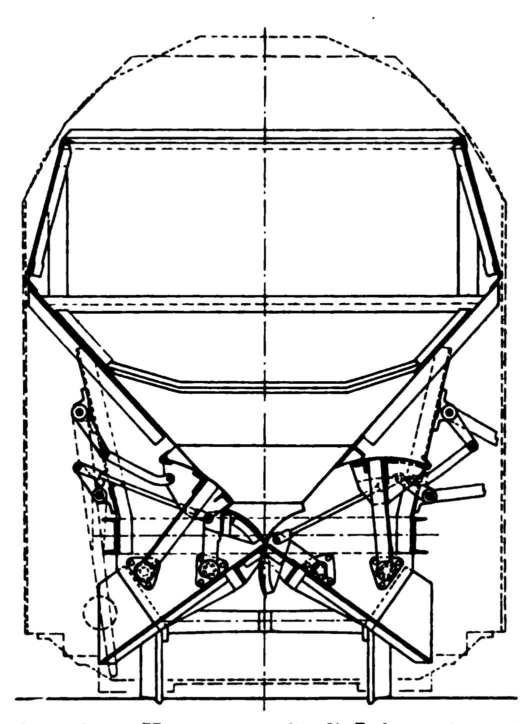
(Railw. Age 1928, 1. Halbj., Nr. 10.)



Offener Güterwagen von 20 m Länge.

Güterwagen mit regelbarer Selbstentladung.

Wir haben im Jahrgang 1926 Seite 212 über Güterwagen mit regelbarer Selbstentladung berichtet, die von dem schwedischen Maschinendirektor Carlquist entworfen und mit Erfolg in den Verkehr eingestellt wurden. Auch die dänischen Staatsbahnen haben derartige Wagen für die Lokomotivstation Aarhus beschafft.



Dänischer Staatsbahn-Kastenwagen für die Lokomotivstation Aarhus.

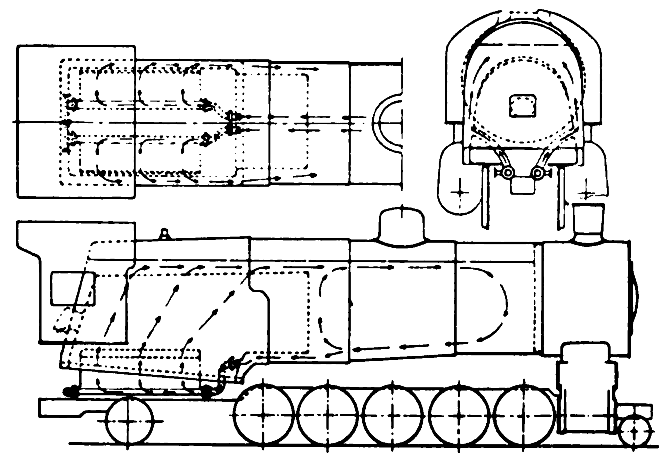
Der Verschluß hat kürzlich nach Techn. Tidskrift eine Verbesserung dadurch erfahren, daß in jeder Öffnung zwei Schieber eingesetzt sind (siehe Abb.), ein oberer und ein unterer. Der untere Schieber wird zweckmäßig etwas kleiner ausgeführt und gegen den Lastdruck etwas geschützt gelegt, er ist dann leicht beweglich und soll zuerst geöffnet werden. Sobald die Last in Bewegung kommt, mindert sich die Reibung am oberen Schieber und auch er läßt sich leicht bewegen. Die Zerlegung der Schieber in zwei Teile bringt es mit sich, daß sowohl der Weg wie der Druck für jeden Schieber verringert wird. Der Arbeitsaufwand für die Bewegung und damit die notwendige Übersetzung wird daher wesentlich niedriger. Zwischen den beiden Abschlußkanten ist wie bei der früheren Bauart ein Spalt gelassen, damit nicht durch eingeklemmte Kohlenstücke das Schließen gehindert wird. Dr. S.



Martin-Feuerbüchssieder für Lokomotiven mit Ölfeuerung.

Die Feuerbüchssieder werden von der „Locomotive Boiler Economizer Company“ in Los Angeles hergestellt. Sie bestehen aus zwei, durch Stehbolzen versteiften und leicht gewölbten Wasserkammern, die ähnlich wie ein Feuergewölbe im unteren Teil des Feuerbüchsmantels in Längsrichtung angesetzt und gegen das Innere der Feuerbüchse nach unten zu gebogen sind. Den unteren Abschluß jeder Kammer bildet ein in Längsrichtung verlaufendes Wasserrohr, das an der Feuerbüchsvorderwand oder am Kesselbauch an den Wasserraum des Kessels anschließt. Die Textabbildung zeigt die Anordnung der Sieder mit Anschluß der Wasserrohre an die Feuerbüchsvorderwand. Aus ihr ist auch zu ersehen, wie die Sieder den Kreislauf des Wassers beeinflussen sollen.

Diese Feuerbüchssieder sollen bei Ölfeuerung die Ausmauerung des unteren Feuerbüchsteiles ersetzen und zugleich die unmittelbare Heizfläche vergrößern. Schon daraus muß sich eine gewisse Verbesserung des Kesselwirkungsgrades ergeben. Man nimmt aber



Anordnung der Martin-Feuerbüchssieder und Darstellung des Wasserumlaufs.

weiter an, daß auch die in der Abbildung dargestellte Veränderung des Wasserkreislaufes Ersparnisse bringt. Tatsächlich sollen bei Versuchsfahrten mit einer 1E1-Lokomotive der Texas und Pacific-Bahn bis zu 11,2% im Durchschnitt 9% Brennstoffersparnis gegenüber einer Regelfeuerbüchse erzielt und soll die Verdampfungsziffer des Kessels um 14% verbessert worden sein. Bei Anheizversuchen soll die Lokomotive mit Martin-Siedern um 160 l weniger Öl verbraucht haben als eine Lokomotive mit Regel-Feuerbüchse.

Als weiterer Vorzug der Martin-Sieder wird noch angegeben, daß die Feuerbüchse mehr geschont werde. Bei ölgefeuerten Lokomotivkesseln mit Ausmauerung entstehen leicht Wärmestauungen im unteren Teil der Feuerbüchse, die häufiges Brechen der Stehbolzen verursachen. Die Kessel mit Martin-Siedern, wo der untere Teil des Feuerbüchsmantels durch den dazwischengeschalteten Sieder an sich schon elastischer ist, sollen dagegen infolge des verbesserten Wasserumlaufes derartige Anstände weniger zeigen.

Die Sieder sind an den Seitenwänden der Feuerbüchse angeschweißt. Soll die betreffende Lokomotive Kohlenfeuerung erhalten, so werden sie einfach ausgeschnitten und die so entstehenden Schlitze mit Flecken zugeschweißt. R. D.

(Railw. Age 1928, 1. Halbj., Nr. 23.)

Ausbesserung eiserner Feuerbüchsen bei der Orléans-Eisenbahngesellschaft.

Die Orléans-Eisenbahngesellschaft hat, schon vor dem Krieg beginnend, für einen Teil ihrer Lokomotiven eiserne Feuerbüchsen eingeführt, deren Zahl heute bereits 1452 beträgt. Bei dieser großen Zahl eiserner Feuerbüchsen war es notwendig geworden, die Ausbesserungsverfahren für sie genau zu untersuchen. Diese Untersuchungen können jetzt als abgeschlossen gelten. Eine längere Erfahrung hat die Richtigkeit der gewählten Ausbesserungsverfahren bestätigt.

An den eisernen Feuerbüchsen machen sich folgende Hauptschäden bemerkbar:

An der Rückwand treten Verbrennungen (Abzehrungen) und Risse in der Gegend des Schürlochringes als Folge ungenügenden Wasserzutrittes und kalten Luftzutrittes bei Öffnen der Feuertüre auf. Zunächst wurden die abgezehrten Blechteile durch elektrische Auftragsschweißung wieder auf volle Stärke gebracht, die Risse nach Auskreuzen mit dem Meißel elektrisch verschweißt. Darnach ging man dazu über die Schadenursache zu beseitigen dadurch, daß Stehkesselrückwand und Feuerbüchsrückwand ohne Zwischenlage eines Schürlochringes durch Schweißung in Übergangsbögen miteinander verbunden wurden. Verbrennungen und Risse treten seitdem nicht mehr auf. Risse im seitlichen Umbug werden ohne Lösen der Niete elektrisch verschweißt. Die Zahl der Risse ist bedeutend geringer geworden, seit die Rückwand mit der Seitenwand auf eine Länge von 600 mm von unten aus zusammengeschweißt wird. Abzehrungen und Rostnarben am unteren Teile der Rückwand, die besonders durch Einwirkung feuchter Asche entstehen, werden durch elektrische Auftragsschweißung beseitigt.

An den Seitenwänden finden sich im unteren Teile besonders in der Nähe des Bodenringes nach vier bis fünf Jahren Dienstleistung Einrostungen von 3 bis 4 mm Tiefe. Sie scheinen ebenfalls hauptsächlich durch feuchte Asche bewirkt zu werden. Die Stehbolzen in der betroffenen Gegend werden entfernt, die Platte wird abgesandet und in quadratische Felder eingeteilt. Es wird beim elektrischen Aufschweißen vermieden zwei benachbarte Felder unmittelbar nacheinander aufzuschweißen und es wird darauf geachtet, daß in einem Feld der Werkstoff in wagrechten Schichten, im anstoßenden Feld aber in senkrechten Schichten aufgetragen wird. Auf diese Weise werden unerwünschte Dehnungen und Verbiegungen der Platte ferngehalten. Risse an den Stehbolzenlöchern kommen nur als Folge von Kalkablagerungen also bei schlechtem Speisewasser vor. Werden sie nicht rechtzeitig ausgebessert, so schreiten sie bis zum nächsten Stehbolzenloch weiter. Die Risse werden nach Entfernen der Stehbolzen ausgekreuzt und mit wagrechten Schichten elektrisch verschweißt. Risse im vollen Blech kommen sehr selten vor. Sie werden ebenfalls elektrisch verschweißt. Die Stehbolzen wurden ursprünglich aus Stahl hergestellt. Aber selbst bei Verwendung eines besonders zähen Siemens-Martinstahles kamen sehr häufig Brüche vor. Es wurden daher für die oberen wagrechten und vorderen senkrechten Reihen Manganbronzebolzen verwendet mit dem Erfolg, daß auf 100000 km Fahrleistung nur etwa sechs Stehbolzenbrüche treffen.

An der Rohrwand treten Anrostungen und Risse im seitlichen Umbug, aber nur im geringen Maße auf. Diese Schäden werden durch elektrische Schweißung ausgebessert. Die Hauptschwierigkeit bestand in der sicheren Befestigung der Rohre in der eisernen Rohrwand, die nicht über 13 mm stark gehalten werden kann.

Nach verschiedenen Versuchen ergaben sich zwei gleich brauchbare Verfahren. Das eine besteht darin, daß die Rohre mit der Wand verschweißt werden, und das andere darin, daß in die Rohrlöcher zunächst eine Stahlbüchse geschraubt wird, deren Länge etwas größer ist als die Stärke der Rohrwand. Unter Zwischenlage eines Kupferringes wird das Rohr in diese Büchse eingewalzt. Stegrisse treten bei den eisernen Feuerbüchsen nicht auf.

Alle die genannten Schäden werden ohne Hilfe der Hauptwerkstätten in den Betriebswerken ausgebessert. Schweißerkontrolleure bereisen die Betriebswerke und sorgen für richtige Ausführung der Schweißverfahren. Den Hauptwerkstätten sind lediglich Anstückungen und Rohrwandwechsel vorbehalten.

Nach den bisherigen Erfahrungen kann angenommen werden, daß die Lebensdauer der eisernen Feuerbüchsen wesentlich größer sein wird als die der kupfernen. Die unmittelbaren Unterhaltungskosten bezogen auf einen Zeitraum von 16 Jahren, stellen sich bei der kupfernen Feuerbüchse auf etwa 218 Fr. bei der eisernen auf nur 150 Fr. Eb.

(Rev. gén. Ch. d. f. Juni 1928.)

Über Anfressungen in Lokomotivkesseln und ihre Verhütung.

Die Anfressungen im Innern der Lokomotivkessel bilden eine der unangenehmsten Nebenerscheinungen im Lokomotiv-

betrieb. Sie treten teilweise unter ganz verschiedenen Umständen und in verschiedener Weise auf; um darüber Klarheit zu schaffen, hat die Chicago, Milwaukee, St. Paul und Pacific-Bahn mehrjährige Betriebsversuche vorgenommen.

Zunächst wurden hierbei verschiedene Versuchslokomotiven so in den Betrieb eingeteilt, daß jede stets mit demselben Wasser gespeist wurde. Jede Woche wurden dann einige Rohre aus jeder der betreffenden Lokomotiven nachgesehen, so daß das Auftreten und Fortschreiten der Anfressungen genau verfolgt werden konnte. Man hatte nämlich die Erfahrung gemacht, daß bei Beobachtung in größeren Zeiträumen die Zerstörung der Rohre meist schon soweit fortgeschritten war, daß keine sicheren Rückschlüsse mehr daraus gezogen werden konnten.

Die Versuche zeigten, daß bei Verwendung von säurehaltigem Wasser die Anfressungen hinten im Kessel begannen und sich langsam nach vorn fortsetzten, während sie im Gegensatz dazu beim basischen Wasser an der Eintrittsstelle des Wassers vorn im Kessel zuerst auftraten und sich allmählich nach hinten zu ausdehnten. Im ersteren Fall war eine Erklärung leicht darin zu finden, daß die chemische Reaktion am schnellsten in der Gegend der höchsten Temperaturen vor sich gehen mußte; der zweite Fall war dagegen zunächst noch unklar.

Die Anfressungen im basischen Wasser entstehen infolge eines elektrolytischen Vorgangs zwischen härteren und weicheren oder zwischen mehr und weniger metallisch reinen Stellen im Eisen und vor allem zwischen Eisen und Kupfer, weil die Sodasalze dieses Wasser zu einem sehr guten Elektrolyten machen. Im vorliegenden Fall wurden aber die Rohre gerade nicht an der Stelle angezehrt, wo die Kupferstutzen angesetzt waren, sondern vorn; es mußte also noch ein bisher unbekannter Umstand bei dem Vorgang mitwirken. Aus ähnlichen Beobachtungen an einer ortsfesten Kesselanlage ergab sich schließlich, daß das Vorhandensein oder Fehlen von gelöstem Sauerstoff in dem Speisewasser das Auftreten der Anfressungen begünstigte bzw. verhinderte.

Die Eisen-Atome, welche sich bei der Anfressung absondern, werden in dem Wasser gelöst; zugleich wird an den Kesselwandungen dieselbe Zahl von Wasserstoff-Atomen abgelagert. Da nun das Wasser nur eine bestimmte Menge Eisen in Lösung halten kann, würde es bald gesättigt sein und die Anzehrungen müßten damit aufhören; auch bildet der Wasserstoffbelag an den Kesselwandungen zunächst eine isolierende Schicht, die den elektrolytischen Vorgang aufhalten müßte. Aber hier setzt jetzt die verderbliche Rolle des Sauerstoffs ein. Dieser verbindet sich rasch sowohl mit dem gelösten Eisen zu unlöslichem Eisenoxyd, als auch mit der erwähnten Wasserstoffschicht zu Wasser und beseitigt damit wieder die beiden Schutzmittel gegen das Weiterschreiten der Anfressung.

Zum Ausscheiden des Sauerstoffes aus dem Speisewasser wurde eine Lokomotive mit einem offenen Speisewasser-Vorwärmer besonderer Bauart ausgerüstet. Nach Versuchen auf dem Prüfstand konnten mit diesem 90% des gelösten Sauerstoffs beseitigt werden. Die genannte Lokomotive wurde zusammen mit einer solchen ohne Vorwärmer in einem Bezirk verwendet, in welchem man am meisten unter solchen Anfressungen zu leiden hatte. Nach einer Betriebszeit von neun Monaten wurden bei beiden Lokomotiven die Rohre ausgebaut. Bei der Lokomotive mit Vorwärmer ergaben sich dabei derartig geringe Anfressungen, daß sie kaum gemessen, sogar kaum gefühlt werden konnten; bei der Vergleichslokomotive ohne den Vorwärmer mußten dagegen annähernd 15% sämtlicher Rohre vollständig erneuert werden. Selbst nach $2^1/_2$jährigem Betrieb konnten an der Lokomotive mit Vorwärmer noch keine Anzehrungen festgestellt werden. Auf Grund dieses günstigen Ergebnisses sind die Versuche neuerdings noch auf weitere Lokomotiven in anderen Bezirken ausgedehnt worden.

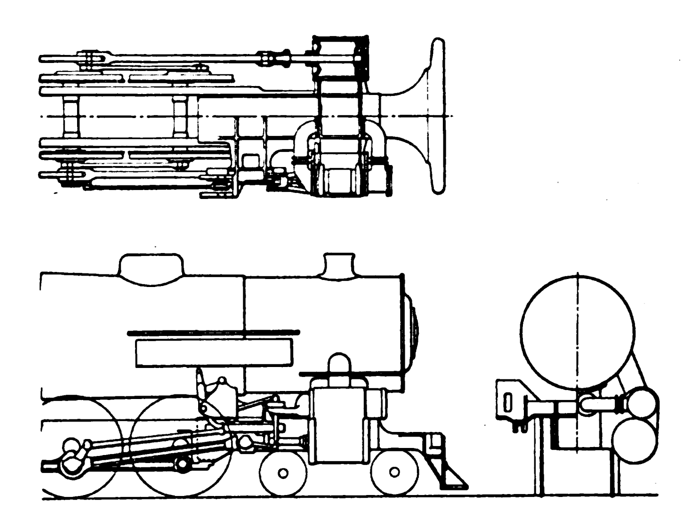
Die Bahngesellschaft gibt an, daß sie infolge der leichteren Kesselunterhaltung bei Verwendung des Vorwärmers jährlich rund 4200.— ℳ je Lokomotive an Unterhaltungskosten und — was allerdings mit der vorliegenden Frage nur mittelbar zusammenhängt — ebensoviel infolge des Minderverbrauchs an Kohle und Wasser ersparen könne. R. D.

(Railw. Age 1928, 1. Halbjahr, Nr. 11.)

Lokomotivrahmen-Vorderteil aus Stahlguß.

Nach den Beobachtungen amerikanischer Eisenbahnen soll von dem Aufwand, den die Unterhaltung der Lokomotiven erfordert, ein Drittel auf den Kessel und zwei Drittel auf die Lokomotivmaschine entfallen. Jede Verbesserung in der Bauart der letzteren sollte daher bei der Unterhaltung besonders in Erscheinung treten; auch sind an sich schon bauliche Verbesserungen an der Maschine einfacher vorzunehmen als beim Kessel, wo es sehr schwierig ist, ohne Verzicht auf die übliche Feuerbüchsform noch wesentliche Verbesserungen zu erzielen.

Der Abnützungsgrad der Lokomotivmaschine hängt zum großen Teile von der genauen Vermessung, insbesondere zwischen Zylinder, Gleitbahn, Schwingenträger und Rahmen, ab. Jedoch ist es mit der Vermessung nicht getan, wenn diese Teile nicht genügend starr miteinander verbunden sind, so daß sich die festgelegten Maße im Betrieb nach kurzer Zeit ändern. Die Quelle bringt einen Vorschlag der Lima-Werke, der die starre Verbindung der erwähnten Teile dadurch sichern will, daß der ganze vordere Rahmenteil der Lokomotive samt den Zylindern, dem Gleitbahn-, Schwingen- und Steuerungsträger und dem Sattelstück zur Auflagerung des Kessels aus einem Stahlgußstück gefertigt ist, das mit dem Hauptrahmen verschraubt ist. Diese Anordnung soll außerdem den Vorteil haben, daß derartige Rahmenvorderteile für eine größere Zahl von Lokomotivbauarten gemeinsam verwendet und damit die Zahl der auf Vorrat zu haltenden Ersatzteile ganz wesentlich vermindert werden könne. Auch lassen sich dabei unter Verwendung der von der ersten 1 D 2-Lokomotive der Lima-Werke*) her bekannten, sogenannten Tandem-Treibstangenform die Zylindermittel in einfacher Weise näher zusammenrücken, da ein Einziehen des Rahmens nicht erforderlich ist und auch die Befestigungsflansche für die Zylinder wegfallen. Diese Verringerung des Zylinderabstandes verbilligt ebenfalls die Unterhaltung, weil sie die Beanspruchung des Rahmens herabsetzt.



Lokomotivrahmen-Vorderteil aus Stahlguß.

Die Textabbildung zeigt den Entwurf eines derartigen Rahmenvorderteils, dessen Herstellung den amerikanischen Baufirmen kaum Schwierigkeiten bereiten dürfte, nachdem schon ganze Lokomotivrahmen samt den Zylindern in einem Stück gegossen worden sind. Die Entwicklungsmöglichkeiten, welche die vorgeschlagene Bauart bietet, versucht die Quelle durch den Entwurf einer 1 F 3-Güterzuglokomotive zu zeigen, die mit zwei Zylindern von 840 mm Durchmesser und mit demselben Hub einer 1 D + D 1 Mallet-Gelenklokomotive hinsichtlich der Zugkraft mit 59000 kg gleichkommen und sie hinsichtlich der Kesselleistung noch um 10% übertreffen soll. R. D.

(Railw. Age 1928, 1. Halbj., Nr. 24.)

*) Organ 1926, S. 48.

Zusatzdampfmaschine mit Wendegetriebe für Lokomotiven und Tender.

Die in den letzten Jahren in Amerika an Lokomotiven und Tendern häufig verwendeten Zusatzdampfmaschinen konnten nur in einer Fahrtrichtung arbeiten. Diese Ausführung genügt im allgemeinen beim Einbau in die meisten Streckenlokomotiven; sie eignet sich jedoch weniger für solche Lokomotiven, die häufig mit größerer Schlepplast rückwärts fahren, also vor allem nicht für Verschiebelokomotiven.

Die Franklin Eisenbahn-Bedarfs-Gesellschaft in New York hat aus diesem Grund eine neue Zusatzdampfmaschine gebaut, die an Lokomotiven und Tendern in beiden Fahrtrichtungen verwendet werden kann. Die Maschine entspricht im wesentlichen den früheren Ausführungen; die Dampfmaschine selbst ist ebenfalls nicht umsteuerbar, jedoch ist die Zahnradübersetzung zwischen Maschine und Lokomotiv- bzw. Tenderachse umschaltbar durchgebildet worden. Bei Vorwärtsfahrt arbeitet das auf der Kurbelwelle sitzende Ritzel mit 14 Zähnen über ein Zwischenzahnrad mit 25 Zähnen auf das auf der Fahrzeugachse sitzende Triebzahnrad mit 38 Zähnen; bei Rückwärtsfahrt wird ein weiteres Rad mit 17 Zähnen zwischengeschaltet. Die drei kleinen Räder sitzen in einem gemeinsamen Rahmen und befinden sich dauernd miteinander im Eingriff. Ein Druckluftzylinder senkt bei Vorwärtsfahrt und hebt bei Rückwärtsfahrt diesen Rahmen so, daß jeweils das entsprechende Rad — mit 25 oder 17 Zähnen — mit dem Triebzahnrad in Eingriff kommt. In beiden Fahrtrichtungen trägt der Zahndruck dazu bei, daß die Räder in Eingriff bleiben; sobald jedoch die Hilfsmaschine abgeschaltet wird, kommen die Räder von selbst außer Eingriff.

Dort, wo das Bedürfnis danach besteht, eine Lokomotive mit mehreren Zusatzdampfmaschinen auszurüsten, können diese sämtlich mit einem Griff bedient werden. Dabei ist auch die Möglichkeit vorgesehen, eine der Maschinen abzuschalten. Durch eine besondere Verriegelung ist dafür gesorgt, daß die Zusatzmaschinen unter sich und gegenüber der Lokomotivmaschine selbst stets in derselben Fahrtrichtung laufen. R. D.

(Railw. Age 1928, 1. Halbjhr., Nr. 19.)

Buchbesprechungen.

Die wirtschaftliche und konstruktive Bedeutung erhöhter zulässiger Beanspruchungen für den Eisenbetonbau. Von Dr.-Ing. H. Olsen, München. Berlin 1928. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn. Preis geheftet 9 *RM*.

Die Frage, mit der das vorliegende Buch sich befaßt, ob eine Erhöhung der zulässigen Betondruck- und Eisenzugspannungen wirtschaftlich vorteilhaft und konstruktiv möglich ist, muß für die künftige Entwicklung des Eisenbetonbaues höchst bedeutungsvoll werden. Nach eingehenden Preisberechnungen und Belastungsversuchen weist der Verfasser für Spannungserhöhungen bis 100/2000 kg/cm² größere Kostenersparnisse nach, während sich bei höheren Beanspruchungen keine nennenswerten Vorteile mehr ergeben. Die durch die Spannungssteigerung erhöhten Ansprüche an die Verbundwirkung und Rostsicherheit können jedoch erst erfüllt werden, wenn es der Zementindustrie gelingt, einen zugfesteren Zement mit möglichst kleinem Schwindmaß herzustellen. Bei dem heutigen Stande der Zementtechnik und den wenig vollkommenen, starke Festigkeitsschwankungen nicht ausschließenden Arten der Betonbereitung kann selbst die allgemeine Zulassung der in den Eisenbetonbestimmungen ausnahmsweise für Platten (bei Verwendung hochwertigen Zementes und Stahles) gestatteten Spannungen 70/1500 noch als Wagnis betrachtet werden, da nach neueren Versuchen die Rißspannung des Betons nicht mit der Streckgrenze des Eisens wächst. Immerhin dürften, wenn auch die weitgesteckten Ziele des Verfassers vorläufig nicht verwirklicht werden können, die wirtschaftlichen Ergebnisse seiner Untersuchungen ein Ansporn für die Fachwelt sein, die angedeuteten Entwicklungsmöglichkeiten des Eisenbetons durch Verbesserung des Bindemittels und der Betonerzeugung zu erreichen. Schönberg.

Messung mechanischer Schwingungen. Von Dr. Ing. Hermann Steuding unter Mitwirkung von Ing. Hugo Steuding. Herausgegeben im Auftrage des Schwingungsausschusses des Vereines deutscher Ingenieure von Prof. Dr. Wilhelm Hort. Din A 5, X/492 Seiten mit 450 Abbildungen gebunden *RM* 28,—, für VDI-Mitglieder *RM* 25,20. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7/1928.

Der wachsenden Bedeutung der Schwingungstechnik Rechnung tragend, ist seinerzeit vom wissenschaftlichen Beirat des V. d. I. ein Preisausschreiben für eine kritische Untersuchung der bekannt gewordenen Meßverfahren und Geräte erlassen worden. Das obige Buch ist die mit dem ersten Preis ausgezeichnete Arbeit. Mit Unterstützung einschlägiger in- und ausländischer Firmen ist es dem Verfasser gelungen, wohl sämtliche in der Literatur bekannt gewordenen und in der Praxis gebauten und erprobten Verfahren und Apparate kritisch zu sichten.

Im ganzen gibt die Arbeit in sachlicher Form eine möglichst vollständige und vergleichende Darstellung des Standes der mechanischen Schwingungsmeßtechnik im In- und Auslande von einem einheitlichen kritisch-theoretischen Standpunkte aus. Sämtliche Ausführungen sind durch Quellennachweise oder Angaben der ausführenden Firmen (1400 Quellennachweise und 450 Abbildungen) belegt.

Wärmetechnik im Schmiede-, Glüh- und Härtereibetrieb. Untersuchung von Schmiede-, Glüh- und Härteöfen in Reichsbahn-Ausbesserungswerken. Von Dr. Ing. Friedrich Böhm (1928) 114 Seiten mit 40 Abbildungen *RM* 5.—. Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn. Berlin W 8.

Das Buch bringt in seinen Hauptabschnitten und mehreren Zahlentafeln die Ergebnisse sehr zahlreicher Versuche (des Lehrstuhls für Wärmewirtschaft an der Technischen Hochschule Darmstadt und des Verfassers selbst) an Öfen aller Art, wie Schmiedeessen, unmittelbar gefeuerten Halbgas-, Gas-, Kohlenstaub-, Öl- und elektrischen Öfen. Aus diesen Versuchsergebnissen hat der Verfasser allgemeine Richtlinien für die Beurteilung der verschiedenen Ofenbauarten im Schmiede-, Glüh- und Härtereibetrieb aufgestellt.

„Der Eisenbahn-Öltriebwagen“ von Werner Janke, Ingenieur für Kraftfahrzeuge in Chemnitz. Verlag von Oskar Leiner in Leipzig. 1926. Preis 3,50 *M*.

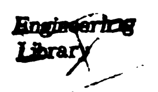
Im ersten Teil des Buches werden die Fragen der Wirtschaftlichkeit des Öltriebwagens, der Bauarten der Antriebsmaschine und der übrigen Einzelteile der Öltriebwagen behandelt; besonders eingehend sind die verschiedenen Bauweisen der Geschwindigkeitswechselgetriebe beschrieben. Der zweite Teil enthält nähere Angaben über die Bauarten der Öltriebwagen, die in den letzten Jahren von deutschen Fabriken hergestellt worden sind.

Das Buch bietet einen sehr guten Überblick über den Stand des Öltriebwagenbaues. Diesem reichhaltigen und billigen Buche kann man eine recht weite Verbreitung wünschen. Sorger.

Der Kesselbaustoff-Abriß. Von Dr. Ing Max Moser. 3. Auflage. Preis 7,50 *RM*.

Das Buch gibt drei in einem Lehrgange der Gußstahlfabrik Friedr. Krupp gehaltene Vorträge wieder und behandelt auf nur 29 Seiten, also in sehr knapper Form, das Wichtigste über die Herstellung des Kesselbaustoffes, über den inneren Aufbau der Eisenkohlenstofflegierungen und über die Prüfung des Werkstoffes. Der Stoff ist aber so gut gegliedert und behandelt, daß das Buch als ein gutes Unterrichtsmittel angesehen und empfohlen werden kann. Bei einigen der 143 Abbildungen des Buches würde eine eingehendere Erläuterung sehr zum besseren Verständnis beitragen. G. Meyer, Dresden.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.



1929
84. Jahrgang

Heft 6
15. März

ORGAN

FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.



Verschiedenes.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

84. Jahrgang | 15. März 1929 | Heft 6

Amerikanische Oberbau-Untersuchungen.

Von Dr. Ing. v. Gruenewaldt, Privatdozent an der Technischen Hochschule Karlsruhe.

Die Schwierigkeit der Gleisberechnung hat schon sehr frühzeitig (Barlow 1835) zu Versuchen geführt, die im Gleis auftretenden Spannungen durch Messung zu ermitteln. Diese Versuche haben zu wertvollen Teilergebnissen geführt; es sei hier nur an die Namen Cuënot, Zimmermann, Ast und Wasiutinsky erinnert.

Seit etwa 30 Jahren sind aber diese Versuche, die doch keine endgültige Lösung der vielen Fragen, betreffend die Beanspruchung des Oberbaues und die dafür maßgebenden Grundtatsachen geben konnten, zu einem gewissen Stillstand gelangt; erst neuerdings macht sich wieder der Beginn einer regeren Tätigkeit auf diesem Gebiet bemerkbar — es sei z. B. auf die umfangreichen Untersuchungen hingewiesen, die von Professor Dr. Ing. Ammann in seinem Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen an der Technischen Hochschule Karlsruhe vorgenommen werden*).

Diese Untersuchungen gaben dem Verfasser Veranlassung, sich eingehend mit der ausländischen Literatur über diese Frage zu beschäftigen. Es zeigte sich, daß vor allem in den Vereinigten Staaten sehr umfangreiche Versuche im Gange sind, deren Ergebnisse in den „Transactions of the American Society of Civil Engineers" und in den „Proceedings of the American Railway Engineering Association" veröffentlicht werden. An Hand der vorliegenden, sehr umfangreichen Abhandlungen (rund 700 Seiten mit 447 Abbildungen), die in Deutschland wohl nur wenigen zugänglich sind**), soll hier kurz über diese Versuche berichtet werden, in der Hoffnung, dadurch zu ähnlichen Versuchen bei uns, wenn auch in bescheidenerem Ausmaße, anzuregen.

Im November 1913 wurde von der American Society of Civil Engineers und der American Railway Engineering Association eine besondere Kommission zur Untersuchung der Spannungen im Eisenbahngleis gebildet, das „Special Committee on Stress in Track".

Die Mittel zur Durchführung der Untersuchungen wurden von den genannten Gesellschaften, sowie von der Stahlindustrie zur Verfügung gestellt; die einzelnen Eisenbahngesellschaften unterstützten die Arbeiten außerdem durch Einräumen von Gleisen und durch Bereitstellung von Lokomotiven, Wagen und Hilfskräften; die Universität Illinois wirkte weitgehend an der Durchführung der Untersuchungen (z. T. in ihren Laboratorien) mit, sowie besonders auch an der Konstruktion und Herstellung der Meßinstrumente, die zum größten Teil eigens zu diesem Zwecke entworfen wurden.

Mit den eigentlichen Arbeiten wurde im Sommer 1914 begonnen, die Untersuchungen sind seither (mit nur kurzen Unterbrechungen durch die Kriegs- und erste Nachkriegszeit) planmäßig weitergeführt worden und dauern noch fort.

Die Untersuchungen betreffen die Durchbiegungen und Spannungen von Schiene und Schwelle im geraden und gekrümmten Gleis, die Druckübertragung durch die Bettung u. a. m. bei verschiedenem Oberbau unter ruhender wie unter bewegter Last.

Auf die der Beschreibung der Versuche vorausgehenden theoretischen Erwägungen soll hier nicht eingegangen werden — die Berechnung erfolgt nach den gleichen Grundsätzen wie auch bei uns üblich (Föppl, Zimmermann), wobei die Gleichungen für Oberbau auf Langschwellen benützt werden. Siehe Abb. 1. u = Bettungsziffer = Druck je Längeneinheit der Schiene, der erforderlich ist, um eine Senkung der Schiene unter der Last um eine Längeneinheit hervorzurufen.

Diese Begriffsbestimmung der Bettungsziffer ist für die Untersuchung eines gegebenen Oberbaues zweckmäßig; man kann dann bei dichter Schwellenlage einen gleichmäßigen

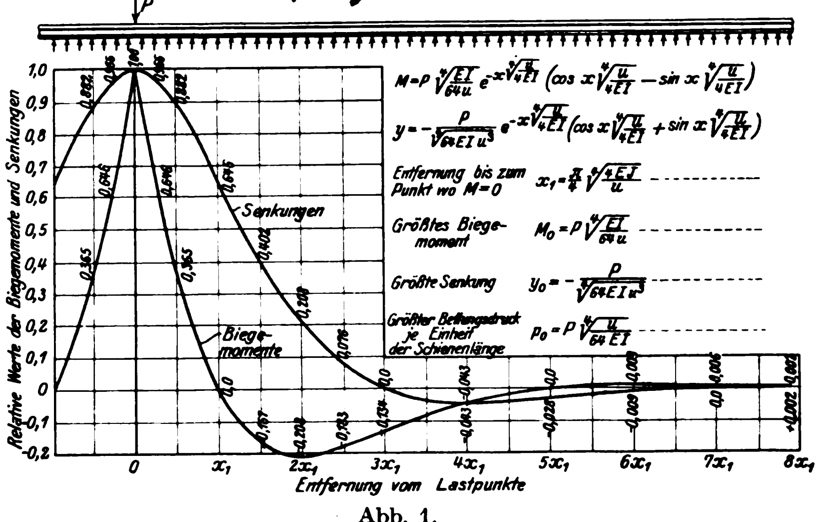


Abb. 1.

Bettungsdruck auf die ganze Schienenlänge annehmen und daher zur Berechnung auch des Querschwellenoberbaues die sehr viel einfacheren Formeln für den Langschwellenoberbau verwenden.

Wie aus dem folgenden ersichtlich, ergeben die nach vorstehenden Formeln ermittelten Werte sehr gute Übereinstimmung mit den tatsächlich gemessenen.

I. Die Meßinstrumente.

Das Hauptgewicht beim Entwurf der Instrumente ist auf große Einfachheit in der Handhabung und Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse (Wetter, Staub, Erschütterungen) gelegt worden. Bei allen Versuchen mit ruhender Belastung wird als eigentliche Meßvorrichtung die Meßuhr verwandt.

1. Der Spannungsdehnungsmesser und seine Anwendung.

Die Bauart des Instrumentes ist aus Abb. 2 klar ersichtlich und bedarf keiner weiteren Erläuterung; die Vergrößerung durch die Hebelarme AC und CD ist rund fünffach; die Meßlänge ist gleich 4" = 102 mm; die Meßspitzen ruhen in gebohrten Löchern von rund 1,6 mm Tiefe und Durchmesser, die auf der oberen Seite des Schienenfusses im Abstand von rund 6,5 mm von der Kante angebracht sind. Die Messung erfolgt in der

*) Vergl. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1928, Nr. 16 vom 15. August.

**) Ein Hinweis darauf findet sich in Saller, „Der Eisenbahnoberbau im Deutschen Reich", S. 253.

Weise, daß erst eine Reihe von Ablesungen bei unbelasteter Schiene vorgenommen wird und darauf bei Belastung mit bekannten Gewichten. Um mit diesem Instrument genaue Ergebnisse zu erzielen, war erst einige Übung erforderlich.

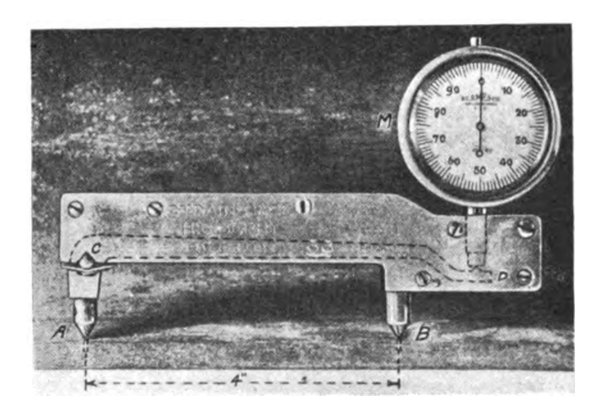


Abb. 2. Dehnungs-Spannungsmesser von Berry.

2. Die Setzlatte und ihre Anwendung.

Auch dieses Instrument (Abb. 3) bedarf keiner Erläuterung. Die Wasserwaage wird bei unbelasteter und belasteter Schiene durch Einstellen der Mikrometerschraube N zum Einspielen gebracht und der Höhenunterschied an der Meßuhr M abgelesen. (Die Länge der Setzlatte ist natürlich ohne Einfluß).

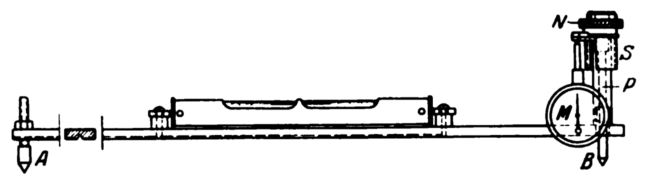


Abb. 3. Setzlatte.

Bei einigen Versuchen wurde die Durchbiegung der Schiene in folgender Weise gemessen: mit dem Schienenfuß war eine Latte gelenkig verbunden, deren anderes Ende auf einem Pflock auflag; an einem Zwischenpunkte war zwischen Latte und einem weiteren Pflock eine Meßuhr eingeschaltet, an der die Durchbiegungen in entsprechender Verkleinerung abgelesen wurden (auch bei langsamer Fahrt).

3. Der Setzpflock.

Der Setzpflock (Abb. 4) dient zum Messen der Senkungen von Bettung und Planum: er besteht aus einer Grundplatte

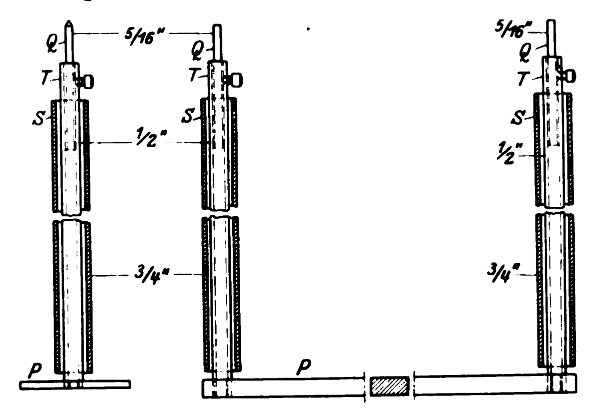


Abb. 4. Setzpflöcke.

von rund 80×80 mm, mit welcher ein $^1/_2$"-Rohr T fest verbunden ist — im oberen Teil des Rohres sind Stangen Q von $^5/_{16}$" = 7,94 mm Durchmesser angebracht, die im Rohr gleiten, so daß die Höhe des Setzpflockes beliebig eingestellt werden kann; das Rohr T läuft in einem Schutzrohr von $^3/_4$" Durchmesser, um Reibung an der Bettung zu verhindern. Für Messungen unmittelbar unter einer Schwelle dient der doppelte Setzpflock; das arithmetische Mittel der beiden Ablesungen gilt als mittlere Absenkung unter der Schwelle. Die Messung erfolgt mittels der Setzlatte von der Schiene aus deren Senkung mittels der Setzlatte gemessen wird. Abb. 5 zeigt die Anbringung von Setzlatte und Setzpflock. (Messung der Senkung des Einzelpflocks).

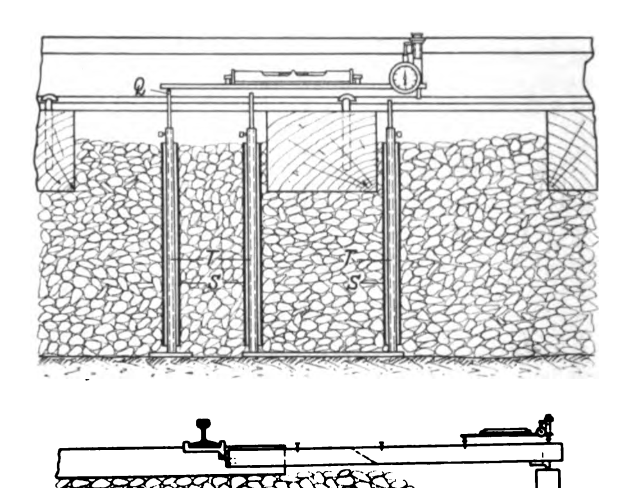


Abb. 5. Setzpflöcke und Setzlatte im Gleis.

4. Die Meßdose (Abb. 6) und ihre Verwendung zur Messung der Drücke in der Bettung.

Der ausgeübte Druck wird durch die elastische Durchbiegung einer kreisförmigen Stahl-Plattenfeder D gemessen, auf die der Druck durch die Druckplatte P übertragen wird, die eine Fläche von 32,26 cm² hat (Durchmesser 64 mm).

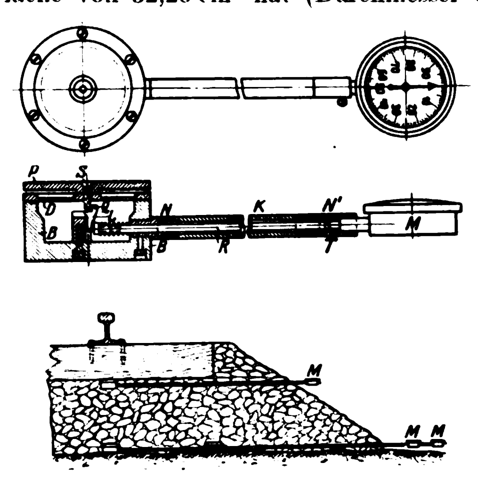


Abb. 6. Meßdosen.

Die Schraube S, mit der die Druckplatte an der Feder befestigt ist, ist gehärtet und ruht auf der einen Schneide des Hebels L, der in Q gelagert ist. Die vertikale Durchbiegung der Feder wird durch den Hebel in etwa dreifacher Vergrößerung in horizontaler Richtung auf den Stab R übertragen, der in den Führungen NN' gleitet und sich gegen den Kolben T der Meßuhr M stützt. Die Meßdosen werden vor und nach dem Gebrauch geeicht. Die Skala der Meßuhr ist drehbar angeordnet, so daß sie bei unbelasteter Meßdose auf Null eingestellt werden kann. Diese Konstruktion der Meßdose hat sich in einer Reihe von Vergleichsversuchen als die

zweckmäßigste herausgestellt. Die Anordnung der Meßdose in der Bettung bei den Versuchen ist auch aus Abb. 6 ersichtlich.

Diese wenigen Instrumente genügen zur Durchführung aller Messungen bei ruhender Belastung.

5. Lastanzeigende Hebeböcke.

Zur Erzielung einer Belastung, die einer oder zwei Achslasten entspricht, dienen besondere lastanzeigende Hebeböcke, die unter einen mit Schienen beladenen Plattformwagen gestellt werden und mittels I-Trägern einen Teil der aus Schienen bestehenden Last auf die Schienen übertragen (Abb. 7, hier ist mit ausgezogenen Linien die Belastung durch zwei Achsen dargestellt, durch gestrichelte die Belastung durch eine Achse). Die Hebeböcke stützen sich mit ihrem oberen Ende gegen die I-Träger — mit dem unteren, das kreisförmig gebogen ist, gegen die Schiene. Der Halbmesser des Kreisbogens entspricht dem Halbmesser eines Rades — die Auflagerfläche ist aber zylindrisch, nicht kegelförmig.

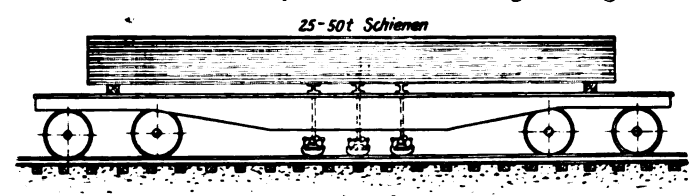


Abb. 7. Belastungsvorrichtung für eine und zwei Achslasten.

Die Konstruktion der Hebeböcke ist aus Abb. 8 ersichtlich. Die Last wird durch Drehen der Mutter N aufgebracht und durch die Durchbiegung der Feder P gemessen. Die Ablesung erfolgt an der Meßuhr M, die durch Ständer U und U′ mit der Feder verbunden ist. (Bei Durchbiegung der Feder wird der obere Abstand der Ständer U und U′ verringert). Die Hebeböcke werden auf beiden Schienen angebracht, doch wurden die Messungen gewöhnlich nur an einem Hebebock vorgenommen.

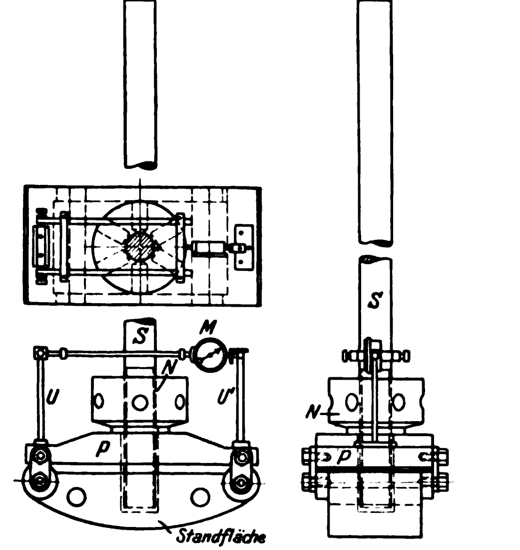




Abb. 8. Lastanzeigender Hebebock.

Die Belastung mittels der Hebeböcke erfolgte in der Hauptsache bei den ersten Versuchsreihen mit Belastungen durch eine oder zwei Achsen, als es vor allem galt, den Grad der Übereinstimmung der gemessenen mit den errechneten Werten zu ermitteln. Bei den späteren Versuchen erfolgte die Belastung durch eine oder zwei Achsen von beladenen und unbeladenen Güterwagen.

Der Einfluß der Belastung mit mehr als zwei Achsen wurde unter Güterwagen und vor allem unter Lokomotiven untersucht.

Zu den Messungen unter beweglicher Belastung müssen selbstregistrierende Instrumente verwendet werden, die ein schnelles und sicheres Arbeiten ermöglichen und dabei sehr widerstandsfähig sind. Instrumente mit Hebelvergrößerungen kommen nicht in Betracht, da bei schneller Bewegung der Last durch die Trägheit der Hebel große Ungenauigkeiten entstehen können. Apparate mit optischer Aufzeichnung, an sich die genauesten, wurden als zu kompliziert und auch zu empfindlich im rauhen Betrieb angesehen und daher nicht angewandt.

Man entschloß sich daher, die Diagramme in natürlicher Größe durch eine Stahlnadel (Grammophon-Nadel) auf eine rotierende, mit Gasolinrauch geschwärzte Glasplatte aufzuzeichnen und diese Diagramme unter dem Mikroskop zu untersuchen.

6. Der Stremmatograph.

Zur Messung und Registrierung der Dehnungen und damit auch der Spannungen in der Schiene diente ein „Stremmatograph“ genanntes Instrument, welches einem ähnlichen von Dr. P. H. Dudley entworfenen Instrument nachgebildet wurde. Dieses Instrument ist in Abb. 9 dargestellt. Zwei Klammern A und B sind im Abstande von 4″ = 102 mm am Schienenfuß befestigt; zwischen ihnen befinden sich zwei Stangen NN, an denen die Nadeln LL mittels der Messingklammern FF angebracht sind. Das eine Ende einer jeden Nadelstange N hat einen kugelförmigen Kopf an einem dünnen Stiel; das andere Ende ist durch eine Klemmschraube mit der Klammer A, der „Ankerklammer“ verbunden; bei Dehnung oder Zusammenziehung der Schiene verschiebt sich die Klammer A gegenüber der Klammer B und das kugelförmige Ende gleitet frei in einer Messingführung der Klammer B, der „Aufzeichnungsklammer“. Jeder Punkt der Nadelstange bewegt sich gegen jeden Punkt der Klammer B, entsprechend der Verlängerung oder Verkürzung der Schiene zwischen den Klammern A und B in der Achse der Nadelstange. Mit diesem Instrument können die Spannungen an beiden Seiten der Schiene gemessen werden.

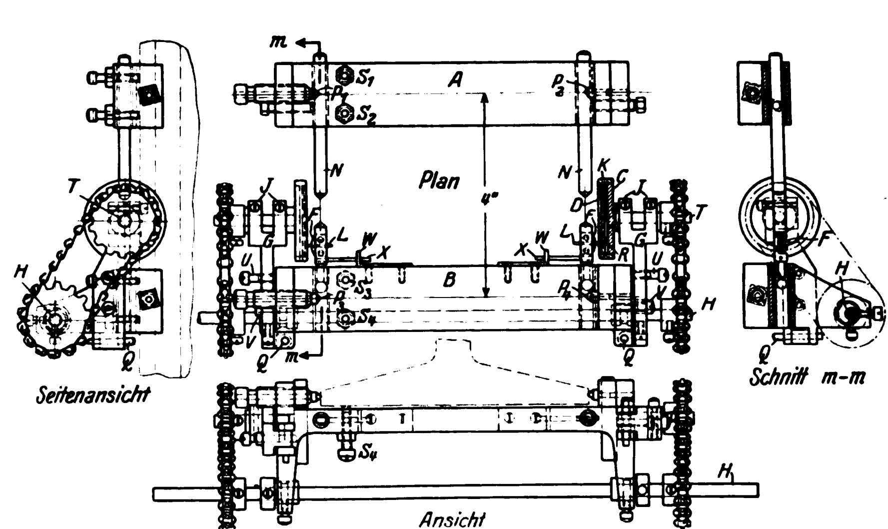


Abb. 9. Stremmatograph.

Die Klammern A und B sind an der Schiene durch je eine gehärtete Stahlspitze P_2 und P_4 und eine Klemmschraube P_1 und P_3 befestigt. Eine Dehnung der Klammern wird durch die Stützschrauben S_1, S_2, S_3 und S_4 verhindert. Die Messing-

führungen für die Köpfe der Nadelstangen sind so angeordnet, daß deren Achse genau unter der Außenkante des Schienenfusses liegt; die Führungen und die Kugelenden der Stangen müssen natürlich sehr sorgfältig gearbeitet sein. Die Nadelstangen müssen starr in der Vertikalebene und biegsam in der Horizontalebene sein, daher bestehen sie z. T. aus einer Plattenfeder. Zur Verhinderung der Drehung der Nadelstange ist diese mit einem Stift X versehen, der im Schlitz W gleitet.

Jede der rauchgeschwärzten Glasplatten, auf denen die Diagramme aufgezeichnet werden, ist mit einer Schraubenkappe K gegen eine rotierende Platte C gepreßt, zwischen Glasplatte und Unterlage ist ein Gummiblatt R eingeschaltet. Jede der Platten C wird durch eine Welle T angetrieben, die

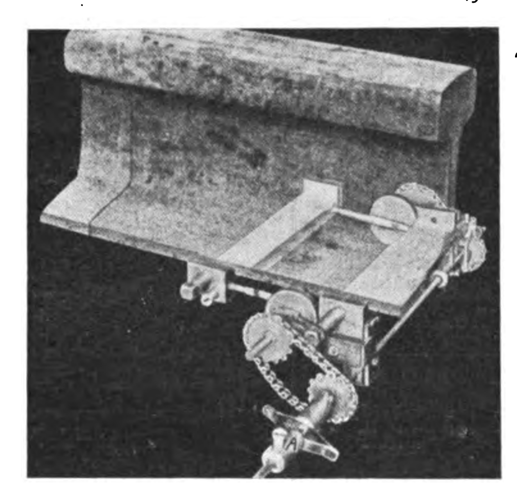


Abb. 10. Stremmatograph an der Schiene.

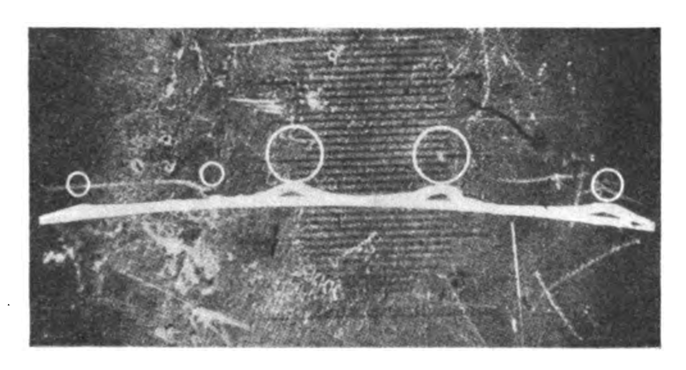


Abb. 11. Mikrophotographie eines Stremmatographen-Diagrammes.

auf zwei Lagern G ruht und selbst durch Kette und Kettenräder von einer unter dem Apparat liegenden Welle H angetrieben wird. Diese Antriebswelle läuft in verstellbaren Lagern, die ein Anspannen der Kette ermöglichen; die Antriebswelle ist durch eine biegsame Federkupplung (Abb. 10 bei A) mit einer langen Welle verbunden, die zum Antriebsmechanismus außerhalb des Gleises führt.

Die Hauptwelle des Antriebs wird von Hand betätigt und betreibt ihrerseits die Wellen der verschiedenen Stremmatographen. Ursprünglich sollte die Umdrehungsgeschwindigkeit der Fahrgeschwindigkeit proportional sein — doch wurde darauf verzichtet und man begnügte sich damit, bei beliebiger Geschwindigkeit deutlich ablesbare Diagramme zu bekommen (vergl. Abb. 11). Gewöhnlich wurden drei Übergänge einer Lokomotive auf einer Scheibe aufgenommen.

Es ist von größter Wichtigkeit, daß die Lager GG der Wellen T vollkommen ohne Spiel laufen, da jede radiale Bewegung der Welle sich ebenso wie eine Schienendehnung auf der Glasplatte aufzeichnen würde; infolgedessen sind diese Lager sehr fest auf der Welle sitzend hergestellt. Ebenso sind Vorkehrungen gegen eine achsiale Verschiebung der Wellen getroffen.

Um ein Auswechseln der Nadeln, der Glasplatten usw. zu erleichtern, ist der Träger G um die Achse Q drehbar angeordnet; bei den Versuchen wird er durch die Klemmschrauben U und V festgehalten.

Abb. 10 zeigt die Anbringung des Apparates an der Schiene, Abb. 11 eine Mikrophotographie des Diagramms; die Nullinie, von der aus die Höhen des Diagramms gemessen werden, wird durch eine Umdrehung der Scheibe bei unbelasteter Schiene erzeugt. Die Untersuchung und Auswertung der Diagramme erfolgt mit einem Mikroskop von 75facher Vergrößerung.

Da das Instrument an verschiedenen Schienen verwendet werden soll, so mußten die Klammern auch verschiedene Größe erhalten, die übrigen Teile sind für alle Instrumente die gleichen. Die Abb. 9 zeigt das für die 42,165 kg/m (85 Pfund/Fuß) Schiene der American Society of Civil Engineers benützte Instrument.

Bei den ersten Versuchen wurden vier Instrumente gleichzeitig verwendet, bei den späteren acht.

7. Die registrierenden Meßdosen.

Die registrierenden Meßdosen waren ebenso gebaut wie die Meßdosen für ruhende Belastung, nur daß die Meßuhr durch eine Vorrichtung zum Aufzeichnen der Bewegungen ersetzt war. Am Ende des horizontalen Rohrs, das aus der Bettung herausragt, ist ein Zapfen angebracht, in dem ein Stift gleitet, welcher für gewöhnlich durch eine Feder in seiner innersten Lage festgehalten wird. Am äußeren Ende des Stiftes ist eine dünne Plattenfeder hochkant befestigt, an der ein Nadelhalter angebracht ist, der die Schreibnadel trägt.

Diese Nadel schreibt auf einer rußgeschwärzten Glasplatte, die in gleicher Weise befestigt ist wie bei den Stremmatographen. Die Welle der Diagrammscheibe wird durch eine Schnurscheibe angetrieben.

Die mit diesem Instrument gewonnenen Angaben sind nicht genau, da besonders bei größeren Geschwindigkeiten die Trägheit der einzelnen Teile sich bemerkbar macht — die Meßdosen waren ursprünglich auch nur für Versuche mit ruhender Last bestimmt und sind erst nachträglich für bewegliche Lasten umgebaut worden.

8. Photographische Messung der Durchbiegung der Schiene.

Die Durchbiegung der Schiene unter beweglicher Last wurde photographisch gemessen und zwar wurden zwei Aufnahmen auf die gleiche Platte gemacht, eine bei unbelasteter, die andere bei belasteter Schiene. Die Belichtungsdauer betrug 0,001 Sek. — die Auslösung bei belasteter Schiene erfolgte durch elektrischen Kontakt. Auf den Schienen waren weiße Kreuzchen angebracht, die auf der Platte nach zwei Aufnahmen einen doppelten Querbalken hatten — aus dem Abstande dieser Querbalken wurde die Senkung der Schiene ermittelt — die Platten wurden bei einer 75fachen Vergrößerung untersucht, was eine Genauigkeit in der Bestimmung der Durchbiegung bis zu 0,25 mm gestattete. Der Abstand der gewöhnlich paarweise verwandten photographischen Apparate von der Schiene betrug in der Regel 3 m, die photographierte Schienenlänge ebenfalls 3 m.

Die seitliche Bewegung der Schiene unter bewegter Last wurde in folgender Weise gemessen: an der Schiene war ein leichter Stahlstab fest angebracht; am Ende des Stabes war eine Nadel befestigt, die die Bewegung auf einer rußgeschwärzten rotierenden Glasscheibe verzeichnete.

Ein Kippen der Schiene wurde durch eine einfache Vorrichtung festgestellt: am Fuß beider Schienen war eine Bohle so befestigt, daß die eine Schiene um eine Fußkante kippen

konnte. An dieser Bohle war eine rotierende geschwärzte Glasscheibe auf einem Ständer angebracht. Eine mit dem Schienenkopfe verbundene Nadel verzeichnete die Kippbewegungen auf der Scheibe, während Durchbiegungen und seitliche Verschiebungen der Schiene vom ganzen Apparat mitgemacht und daher nicht registriert wurden.

II. Durchführung der Versuche.

Die Versuche sind auf einer ganzen Reihe von Bahnen durchgeführt worden und zwar im gewöhnlichen Betriebsgleis, das z. T. besonders sorgfältig hergerichtet, in der Regel aber in normal gutem Betriebszustand belassen wurde.

Abb. 12 zeigt die Anordnung der Stremmatographen im gekrümmten Gleis; im geraden Gleis wurden meist nur vier Stremmatographen gebraucht, und zwar an einer Schiene drei Instrumente — das vierte gegenüber dem mittleren Instrument auf der anderen Schiene.

Der normale Vorgang bei den Versuchen mit ruhender Belastung durch eine oder zwei Achsen war wie folgt: Der mit Schienen beladene Wagen wurde auf die Versuchsstrecke gebracht und so aufgestellt, daß die I-Träger genau über den Punkt zu stehen kamen, an dem die Messungen vorgenommen werden sollten. Nachdem die Hebeböcke aufgestellt waren, wurden zuerst Null-Ablesungen mit den Spannungsmessern und den Setzlatten vorgenommen. Darauf wurde eine bestimmte Belastung aufgebracht und die Instrumente abgelesen, desgleichen nach mehrfacher Erhöhung der Belastung (gewöhnlich viermaliger). Darauf wurden die Instrumente wieder bei Nullast abgelesen. Bei der Belastung mit einem Güterwagen oder einer Lokomotive wurde die Ablesung in ähnlicher Weise vorgenommen. Die Messung der Drücke in der Bettung durch die Meßdosen erfolgte gewöhnlich nicht gleichzeitig mit den anderen Versuchen.

Bei den Versuchen mit bewegter Last wurden verschiedene Dampf- und elektrische Lokomotiven verwandt. Vor Überfahren der Versuchsstrecke wurde der Dampf stets abgestellt. Man glaubte bemerkt zu haben, daß die Zugwirkung der Lokomotive einen merkbaren, aber ungleichmäßigen Einfluß auf die Spannungen in den Schienen hat; daher wurde beschlossen, diese Veränderliche zuerst auszuschalten und fürs erste nur den Einfluß der Geschwindigkeit rollender Lasten zu untersuchen.

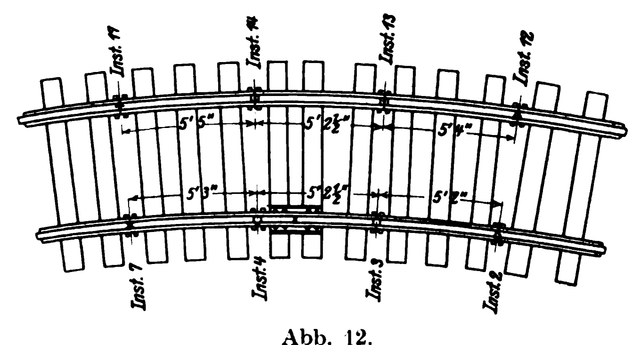


Abb. 12.

Die Messungen wurden nach Möglichkeit in der Mitte der Schienen vorgenommen, um den Einfluß der Schienenstösse, der später untersucht werden soll, möglichst auszuschalten. Bei versetztem Stoß war das nicht möglich (vergl. Abb. 12). Die Ablesungen der Spannungsmesser, gemessen oben auf dem Schienenfuß wurden umgerechnet in Spannungen in der äußersten Faser des Schienenfusses. Hierbei wurde vorausgesetzt, daß die Spannungen der Entfernung von der Neutralachse direkt proportional sind. Der Elastizitätsmodul wurde hierbei zu 2109000 kg/cm² angenommen. Im allgemeinen dürften bei sorgfältiger Arbeit Fehler von über 50 kg/cm² nicht vorgekommen sein.

(Schluß folgt.)

Arbeitsvorbereitung.

Von Reichsbahnrat **Rusche**, Werkdirektor, Neumünster.

„Ausbesserung" ist nicht gleichzusetzen mit „Neufertigung", sie ist es nur zum Teil, sei es als Wiederholung eines bestimmten Neufertigungsganges, sei es als Abänderungsarbeit an einem sonst fertig angelieferten Stücke, sei es als Ersatzanfertigung für ein nicht mehr wiederherstellbares Stück einer Maschine, eines Fahrzeuges, einer Leitungsanlage usw.

Bei einer im Gebrauch rauh gewordenen Gleitplatte wird in der Ausbesserung der Neufertigungs-Arbeitsgang des Behobelns oder des Fräsens wiederholt wie bei der Neufertigung, dazu kann vorher als erst in der Ausbesserung neu hinzutretender Arbeitsgang das Aufschweißen der Platte kommen, um die Neufertigungsmaße in der Ausbesserung wiederzuerlangen. Von den übrigen Fertigungsgängen der Neufertigung des Stückes können weitere bei der Ausbesserung aufkommen, alle werden aber nicht auszuführen sein. Die Neufertigungskarte dieses Stückes wäre also für die Ausbesserung wohl zu einem Teil brauchbar, bedürfte aber, weil nur Einzelanfertigung gegenüber Reihenherstellung vorliegt, weiterer Abänderung wegen Fehlens der Sondervorrichtungen und gegebenenfalls auch wegen des Aufschweißens. Bei Abänderung des Stückes wäre die Fertigungskarte des Neustückes vielleicht wiederum teilweise brauchbar, vielleicht aber handelt es sich hierbei um Fertigungsgänge, die erst im praktischen Gebrauch des Stückes als notwendig durchzuführen erkannt wurden (z. B. Einarbeitung von Beobachtungsbohrungen) und deshalb bei der Neufertigung nicht zur Anwendung kamen. Im besonderen fällt jedoch auch hier in sehr vielen Fällen die für die Fertigung wesentliche Reihenfertigung fort und ebenso wird der Fertigungsgang nicht in dem günstigsten Augenblick der Fert gung liegen, bezogen auf den Zusammenbau des Stückes mit anderen Stücken. Also wiederum wohl Ähnlichkeit zwischen Neufertigung und Ausbesserung, aber doch nicht dasselbe.

Erst bei der Ersatzanfertigung in größerer Zahl werden Neufertigung und Ausbesserung wesensgleich, doch kann hier ja nur noch bedingt von Ausbesserung gesprochen werden, nämlich, wenn man sich die Ausbesserung eines ganzen Fahrzeuges oder einer ganzen Maschine vorstellt.

Etwas, das die Neufertigung gar nicht kennt, ist der Abbau. Er kann in keiner Weise wegen der häufigen unerwarteten Schwierigkeiten, die er bietet, mit dem Zusammenbau der Neufertigung verglichen werden.

Es ist also sicher, daß Ausbesserung und Neufertigung zwar mancherlei gemein haben, daß sie aber trotzdem nicht gleich sind. Grundsätze der Neufertigung lassen sich somit wohl auf Ausbesserung anwenden, aber nur in dem gleichen beschränkten Maße, wie sich umgekehrt die Grunsdätze der Ausbesserung auf die Neufertigung anwenden lassen.

Bei der reihenmäßigen Neufertigung eines vielstückigen Handelsgegenstandes — nehmen wir als Beispiel dafür den Kraftwagen — können und werden alle Gänge der Fertigung vom einzelnen Rohstück bis zum fertigen Wagen sorgsam nach Verbrauch, Verbrauchszeit, Verbrauchsort und Verbraucher im voraus überlegt und, arbeitstechnisch geordnet, zu Papier gebracht. Hinter- und nebeneinander ziehen die einzelnen Fertigungsgänge auf, um, in einem Einzelplan zusammenlaufend, mit geringstem Aufwand an Zeit, Geld und Menschenkraft den fertigen Kraftwagen zu geben. Arbeitsdiagramme bilden die Grundlagen. Sie gelten so lange, als der Bau der so ausgearbeiteten Reihe im Gange ist. Kommt eine Änderung im Bau, so sind sie ganz oder teilweise hinfällig, ihre Änderung

geht ohne Störung nicht ab. Aber so lange sie im Gebrauch sind, sind sie starr nach Verbrauch, Verbrauchszeit, Verbrauchsort und Verbraucher. Sie können es sein, weil die Fertigungsgänge sich gleichmäßig wiederholen. Sie müssen es sein, damit die Fertigung billigst gestaltet wird. Das Streben nach einigen wenigen Typen ohne Rücksicht darauf, ob das Fabrikat den Kunden in ganzem Umfange befriedigt, ist das äußere Kennzeichen dafür.

Ganz anders gestaltet sich die Ausbesserung. Von einem strengen gleichmäßigen Plan kann bei ihr nicht die Rede sein. Gehen wir für das Folgende zu unseren Eisenbahnfahrzeugen über, und da im besonderen zu den **Personenwagen**! Sie laufen die Werke weder gleichmäßig der Zahl, noch der Art, noch der Zeit nach an, noch ist ihre erforderliche Ausbesserung nach Umfang und Art gleichmäßig. Sie unterliegen in ihrer Abnutzung periodischen Schwankungen, wie sie die Verkehrsverhältnisse mit sich bringen, des weiteren den Eigentümlichkeiten der Strecke, den Einflüssen der Witterung und der mehr oder weniger schonenden Behandlung durch ihre Benutzer. Die so verschieden gestalteten Einflüsse müssen die Fahrzeuge ganz verschiedenartig abnutzen. Eine Untersuchung im **Reichsbahnausbesserungswerk Neumünster** an 100 D-Zugwagen über den Grad der Gleichmäßigkeit der Abnutzung oder mit anderen Worten des Ausbesserungsanfalles ergab das nachstehende Bild:

An 100 Wagen kehrten gleiche Arbeiten wieder bei

Ausbläsern	100,00 mal
Innenwäschern	80,00 „
Außenwäschern	85,00 „
Hebewerk 1	84,36 mal
Tischlern	20,13 „
Heizungs-Arbeitsgruppen	35,22 „
Schloß-Arbeitsgruppen	41,26 „
Fenster-Arbeitsgruppen	23,00 „
Balgen-Arbeitsgruppen	31,90 „
Töpfer-Arbeitsgruppen	10,40 „
Gas-Arbeitsgruppen	27,19 „
Elektrische Zugbeleuchtungs-Arbeitsgrupp.	22,32 „
Sattlern	23,79 „
Brems-Gruppen	48,80 „
Glasern	57,00 „
Fensterputzern	85,00 „
Nachreinigern	85,00 mal
Abort-Gruppen	27,22 „
Hebewerk 2	72,10 „

Abb. 1. Fahrzeug-Flußplan für Wagen Altona 25011.

Diese Untersuchung hätte noch kein klares Bild gegeben über den Wechsel des Arbeitsfalles, wenn ihr nicht eine weitere gefolgt wäre, nämlich, wie oft an gleichartigen Fahrzeugen gleiche Arbeiten zu erledigen sind. Aus der langen Reihe der darüber ermittelten Werte nur die folgenden:

Es wurden

	an dem einen Wagen	an dem anderen Wagen
Fensterdrähte ausgewechselt	0	11 Strück
Fenster gangbar gemacht	0	8 „
Türen gangbar gemacht	1	8 „
Reinigungsklappen gangbar gemacht	0	7 „



	an dem einen Wagen	an dem anderen Wagen
Drehschieber gangbar gemacht	0	9 Stück
Gepäcknetze hergestellt . . .	0	9 „
Faltenbälge ausgebessert . . .	0	2 „
Fliesen ausgewechselt	0	4 „
Anschriften nachgeschrieben (Buchstaben)	0	44 „
Puffer ausgewechselt	0	4 „

Diese Häufigkeitszahlen sind in wachsender Richtung nicht erschöpft, z. B. kamen Fälle vor, in denen 150 Buchstaben nachgeschrieben werden mußten. Die obere Grenze der Häufigkeit ist gleich dem Vorkommen eines Stückes an einem Fahrzeug. Multipliziert man die Zahlen der früheren Aufstellung mit den Häufigkeitszahlen der letzteren oder, noch richtiger, mit den größtmöglichen Häufigkeitszahlen, so tritt erst das Bild des wahren Wechsels der anfallenden Arbeitsmenge in der Ausbesserung hervor, es könnte in seiner Wirkung noch gesteigert werden durch Einfügung des wechselnden Arbeitsumfanges an jedem einzelnen auszubessernden Stück. Werden nur die Zahlen der ersten Aufstellung zugrunde gelegt, so ergeben sie bereits einen Wechsel in der Kopfstärke, die für die Ausbesserung der in einer Reihe sich folgenden Fahrzeuge erforderlich ist, von 100% bis herab zu 50,87% (Mittelwert), wenn nicht auf volle Auslastung des Personals verzichtet wird. Ein solcher Verzicht wäre natürlich auf die Dauer unerträglich.

Die Aufstellung zeigt nebenher, wie verfehlt es wäre, die Entlohnungsart einer gleichmäßig fließenden Reihenfertigung auf Ausbesserung anwenden zu wollen. Ließe sich bei ersterer ein ganzes Fabrikunternehmen auf eine feste, d. h. je Stück herausgebrachtes Fabrikat bezogene Entlohnung einstellen, so würde bei Ausbesserung das gleiche Entlohnungsverfahren zu gröblichster Ungerechtigkeit führen müssen. Denn bei dem schwankenden Zugang an Fahrzeugen und den schwankenden Arbeitsmengen ist keinerlei Gleichmäßigkeit erreichbar. Darüber hinaus könnte es Veranlassung werden, Ausbesserungsarbeiten zu unterlassen, die für die Erhaltung des Fahrzeuges nach Wert und Betriebssicherheit notwendig sind, oder auch Arbeiten als notwendig vorzutäuschen, die zwecklose Verteuerungen wären. Ausbesserung ist eben keine Neufertigung, sondern nur ein schwankender Teil davon. Aber weil es ein Teil davon ist, findet man auch bei der Ausbesserung die Möglichkeit, die Grundzüge der Bestimmung der Arbeitsmenge und gerechter Entlohnung der Neufertigung anzuwenden. Ausbesserungsarbeit ist gedingefähig.

Zwar nicht in Bausch und Bogen geschätzte Ausbesserungsarbeit kann als gedingefähig angesprochen werden, sondern nur jene, die die Arbeiten in Anlehnung an die Grundsätze der Neufertigung in ihre Einzelarbeiten zerlegt. Wird hierbei auch nicht die weitgehende Zerlegung einer gut durchdachten Reihenfertigung angewandt, so soll die Zerlegung doch so weit gehen, daß die Unrichtigkeit der einzelnen Arbeitsmengenbestimmung nur noch gering sein kann und das, was das Gedinge in sich schließt, nicht mißverständlich umgrenzt ist. Letzten Endes gibt es eine unbedingt richtige Arbeitsmengenbestimmung im Voraus überhaupt nicht, weil die Arbeitsmenge von einer ganzen Anzahl Zufälligkeiten abhängt. Von diesen seien nur genannt Stoffungleichheiten, Werkzeugbrüche, Temperatureinflüsse auf Stoffe, Maschinen und Menschen.

Im Ausbesserungswerk Neumünster sind die an einem D-Zugwagen vorkommenden Arbeiten in rund 4500 Einzelarbeiten zerlegt, und diese werden wiederum noch näher in ihrem Umfang gekennzeichnet durch Angabe der Häufigkeit, in der sie zu erledigen sind.

Hat man eine solche Zerlegung, d. h. also eine praktisch genaue Bestimmung der Arbeitsmenge nach Zeitaufwand und erforderlicher Kopfzahl, so kann auch bei der Ausbesserung die Arbeitsorganisation der reihenmäßigen Neufertigung gebildet werden, nämlich die Aufstellung eines Planes, in welcher Reihenfolge die auszubessernden Fahrzeuge und in welcher Reihenfolge und in welchen Arbeitsgruppen die Arbeiten an diesen Fahrzeugen vorwärts gebracht werden sollen, um bei geringstem Aufwand an Geld, Zeit und menschlicher Arbeitskraft Fahrzeugausbesserung zu betreiben. Zwar wechselt die Art und der Umfang der Arbeit fast dauernd, aber, zeitlich und örtlich geordnet, fließen dann die Arbeiten durch die zu ihrer Erledigung im Voraus bestimmten Hände ohne ungewollte Unterbrechung hindurch. Verschieden, wie Art und Umfang der Arbeit, ist auch die Reihenfolge der Hände, weil zu einem Fluß die Möglichkeit des Fließens, nämlich ungehinderte Arbeitsmöglichkeit, vorhanden sein muß. Die Arbeiten werden also nach Zeit und Ort planmäßig auf die in der Fahrzeugausbesserung beschäftigten Köpfe verteilt. Aus diesen sich ergebenden **Kopfflußplänen** entsteht durch Vereinigung der **Fahrzeugflußplan** (Arbeitsdiagramm) und durch Hintereinanderschaltung der Fahrzeugsflußpläne der **Fahrzeugfließgang**. Der Fahrzeugfließgang wird somit weder stets gleiche Arbeiten, noch für gleiche Arbeiten stets gleiche Arbeitsstellen, noch stets gleiche Kopfzahlen aufweisen.

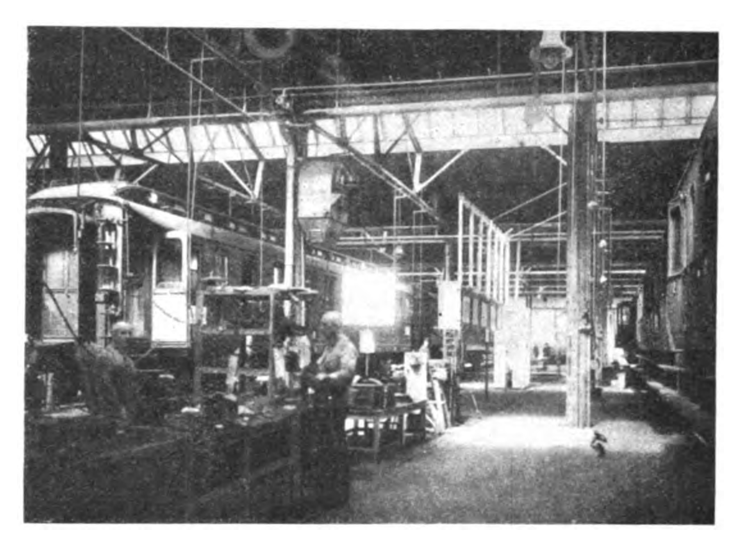


Abb. 2. Blick in den Wagenfließgang.

Zwar wird das Streben dahingehen, bei den vielen Sondereinrichtungen der Fahrzeuge — z. B. Bremseinrichtungen und elektrische Beleuchtungseinrichtungen — wegen der erforderlichen Sonderkenntnisse immer wieder denselben Menschen oder auch Gruppen die *gleiche* Arbeit zu geben, und wegen der zu ihrer Ausführung nötigen schwer förderbaren Sondereinrichtungen die Ausführung am gleichen Platz vorzunehmen, doch braucht es nicht erforderlich zu sein, deshalb *alle* Arbeiten von dem gleichen Personal und an derselben Arbeitsstelle erledigen zu lassen. Auf jeden Fall wird man zur Kostenersparnis versuchen, das zu bewegen, was am schnellsten und billigsten zu bewegen ist. Das würden in erster Linie die Menschen sein mit einer einfachen und leichten Arbeitsausrüstung (Handwerkszeug), dann die mit zwar schwererer, aber doch noch leicht zu befördernder Sondereinrichtung (Wagen mit Einrichtung), erst in letzter Linie das Schwerste, die Fahrzeuge. Das auch deshalb, weil bei der Fahrzeugbewegung die ganze Arbeit aus Sicherheitsgründen ruhen muß. *Ausgangspunkt der Untersuchung über die Bewegung von Mensch und Fahrzeug bleibt stets die Untersuchung auf Arbeitsbehinderung.* Aus ihr errechnet sich erst die notwendige Arbeitsständezahl der Fahrzeuge. Stoffanfuhrmöglichkeit und bauliche Eigentümlichkeiten der Werkanlagen können die Ständezahl weiter

beeinflussen. Nach meiner Meinung sollte aber auf keinen Fall die Einführung eines Arbeitstaktes die Wahl der Ständezahl bestimmen, und nicht dürfte es bei solcher Wahl vergessen werden, daß, je mehr Stände das Fahrzeug durchlaufen muß, um so mehr Arbeitszeitverluste entstehen für das gesamte, im Fließgang arbeitende Personal. Takte kann man ebenso gut durch optische und akustische Signale, gegebenenfalls beide verbunden, erreichen. Ein Fahrzeugfließgang ist ja auch kein Arbeitsband, an dem jeder seinen bestimmten Platz hat, den ein anderer gar nicht einnehmen kann.

Sondervorrichtungen, Stofförderungsmöglichkeit und bauliche Eigentümlichkeiten des Werkes geben Veranlassung zur Aufstellung eines Planes, in dem die Arbeitsstellen für Arbeiten bestimmter Art festgelegt werden müssen. Ein solcher Plan ist naturgemäß starr, und wegen seiner Starrheit müssen sich die übrigen Pläne nach ihm richten. Dem Wesen der Ausbesserungsarbeit aber nicht angepasst ist es, wegen der Starrheit des örtlichen Planes nun auch die übrigen Arbeitspläne starr zu gestalten. Dieses Versehen wird häufig gemacht, indem man die sich um den starren Plan gruppierende Arbeitsdisposition ebenfalls erstarren läßt. Man nennt dann fälschlicherweise dieses starre Gebilde Fließgangplan. Wer nämlich nach solchem Plan arbeitet, merkt bald, daß etwas in dem Plan nicht stimmt: Heute bringt er hier, morgen dort und am nächsten Tag an wieder ganz anderer Stelle Schwierigkeiten in der Auslastung des Personals oder auch durch Überlastung des Personals. Er berücksichtigt eben nicht den dauernden Wechsel im Arbeitsanfall bei Ausbesserungsarbeiten und er gibt auch keine Handhabe, sich dem Wechsel anzupassen. So ist dadurch entweder im Fließgang fast dauernd zu viel Personal beschäftigt oder aber auch, wegen übermäßigen Arbeitsanfalls werden nötige Arbeiten unterlassen oder schlecht ausgeführt, oder auch, die Arbeitseinteilung laut Plan wird nicht eingehalten. Sein Name sollte lauten „Rohflußplan", weil er nur in rohen Zügen den Fluß der Arbeit leiten kann. *Im Gegensatz zur Reihenneufertigung läßt sich für Ausbesserungsarbeiten kein starrer Plan, der gleichmäßigen Fahrzeugfluß auf auf allen Arbeitsstellen verbürgt, aufstellen. Erst die Verbindung des Rohflußplanes mit Kopfflußplänen bzw. Fahrzeugflußplänen leisten Gewähr für fließende und gute Arbeit des Fahrzeugfließganges.* In Abb. 1 ist ein Fahrzeugflußplan wiedergegeben. Zahlen in den Einzelflächen bedeuten die Arbeiten, wie sie auf den vorgedruckten Gedingezetteln zu finden sind. Dort, wo 100prozentige Wiederkehr der Arbeiten die Regel ist, sind die Arbeitsflächen nicht in Einzelflächen zerlegt.

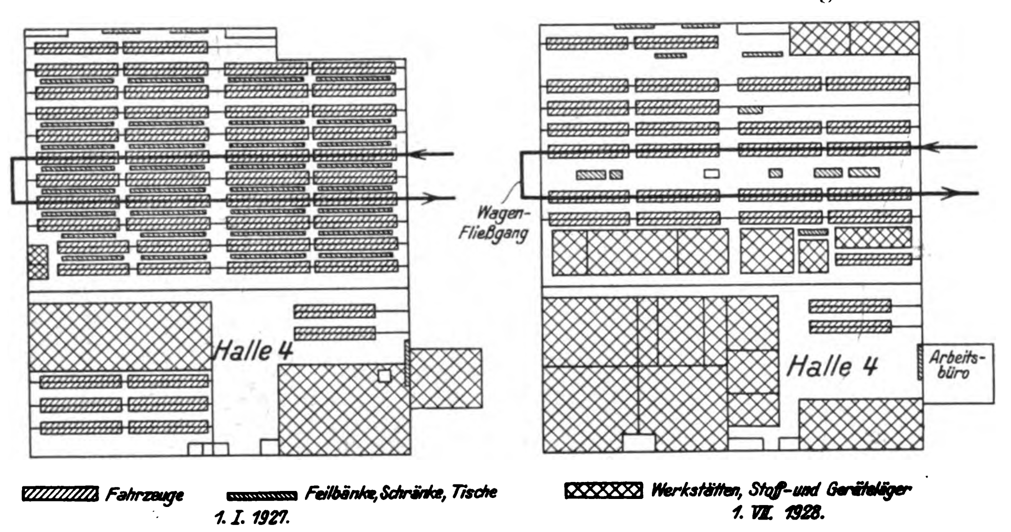


Abb. 3. Grundflächenbelegung der Hauptarbeitshalle.

In einem nach obigen Gesichtspunkten aufgebauten Fahrzeugfließgang wechselt die Personalstärke, aber es ist kein wildes Wechseln, sondern ein im Voraus bestimmtes planmäßiges Wechseln, das rechtzeitige Arbeitszuteilung auch außerhalb des Fließganges sichert. Die Vorausbestimmung des Beginns und der Beendigung der Arbeit macht es möglich, daß die erforderlichen Stoffe und Ersatzstücke zur rechten Zeit am rechten Orte sind.

Die Zentralstelle für die Ordnung der Arbeit nach Art, Ort, Zeit und Kopf ist das Arbeitsbüro. Seine hierauf bezogenen Aufgaben sind:

1. Voraufnahme und Einschätzung der Arbeit.

Beim Eingang der Fahrzeuge wird gemeinsam mit der Betriebsabteilung der angenäherte Arbeitsumfang und hiernach die Reihenfolge, in der die Fahrzeuge ausgebessert werden sollen, festgestellt.

Hierauf wird mit der eigentlichen Arbeitsaufnahme begonnen. Arbeitsaufnahme und Zeitschätzung wurden vereinigt. Die hierdurch gewonnenen Kräfte werden zur systematischen Ordnung der Arbeitsfolge verwendet. Für die Arbeitsaufnahme werden mit Text für die Arbeitsausführung vorgedruckte Gedingezettel verwendet, so daß nur die Zahl der auszuführenden Arbeitsgänge (Häufigkeit) einzutragen ist und die Gedingezettel nach Verständigung mit dem Vorarbeiter in den meisten Fällen gleich an dessen Arbeitsstätte nach Zeitbedarf festgestellt werden können.

2. Anforderung der Stoffe.

Die erforderlichen Stoffe und Ersatzteile werden bei Feststellung der auszuführenden Arbeiten ermittelt und die Aufforderung der Stoffabteilung zur Belieferung durch Verlangzettel geht gleichlaufend mit der Vergebung der Gedinge, so daß die Stoffe der Arbeitsstelle zugeführt werden können, noch ehe die dazu gehörige Arbeit begonnen wird.

3. Arbeitsverteilung.

Zur genauen Übersicht der anfallenden Arbeiten wird für jedes einzelne Fahrzeug (vorerst des Fließganges) ein Fahrzeugflußplan aufgestellt, auf welchem die einzelnen auszuführenden Arbeiten nach Art, Ausführungsort, Zeit und Kopfbedarf dargestellt sind.

Die Zeiten werden von den Plänen mit einem besonders gestalteten Zeitmaßstab auf die Gedingezettel übertragen, so daß jeder Arbeiter bei Übergabe des Zettels ersehen kann, wann und auf welchem Stand er die Arbeit ausführen soll.

Die Vor-Aufnahme der Arbeit, Ausstellung der Gedingezettel und Aufstellung der Arbeitspläne wird so rechtzeitig erledigt, daß die Pläne zwei Stunden vor der ersten Arbeit am Fahrzeug aushängen, desgleichen sind die Gedingezettel um diese Zeit dem Abteilungsmeister und den Vorarbeitern ausgehändigt. Aus den Arbeitsplänen kann jeder Abteilungsmeister feststellen, welcher Kopfbedarf zur Erledigung der Arbeiten an den einzelnen Fahrzeugen erforderlich ist, und zu welcher Zeit und auf welchen Ständen die Kräfte einzusetzen sind.

4. Überwachung des Arbeitsganges.

Arbeitsart und Arbeitsumfang sind bei den einzelnen Fahrzeugen niemals gleich. Die Organisation des Fließganges für Ausbesserungsarbeiten nimmt deshalb Rücksicht auf wechselnde und trotzdem rechtzeitige Gestellung des Arbeitspersonals.

Als Stammannschaft gilt eine Kopfzahl, die dem Niedrigstanfall an Arbeiten angepaßt ist. Alle sonstige, durch den



Wechsel des Arbeitsanfalls benötigte Verstärkung wird aus hierfür festgelegter Hilfsmannschaft entnommen. Solche Hilfsmannschaften, die in der Reihenfolge des Ansetzens und ebenso auch in dem Ansetzen nach Arbeitsart planmäßig aufgestellt werden, werden gewöhnlich mit Arbeiten beschäftigt, deren Erledigung nicht an einen bestimmten Termin gebunden ist, z. B. Wiederherstellung von Ersatzstücken.

Um einen häufigen Wechsel beim Einsetzen der Hilfsmannschaft zu vermeiden, wird der Durchlauf der Wagen so geregelt, daß Fahrzeuge mit annähernd gleichem Arbeitsanfall hintereinander den Fließgang durchlaufen. Zur Überwachung dieser Vorgänge — richtige Einsetzung des Personals und richtiger Durchlauf der Fahrzeuge — ist ein Beamter des Arbeitsbüros besonders eingesetzt, welcher auch vorkommende Störungen zu regeln hat.

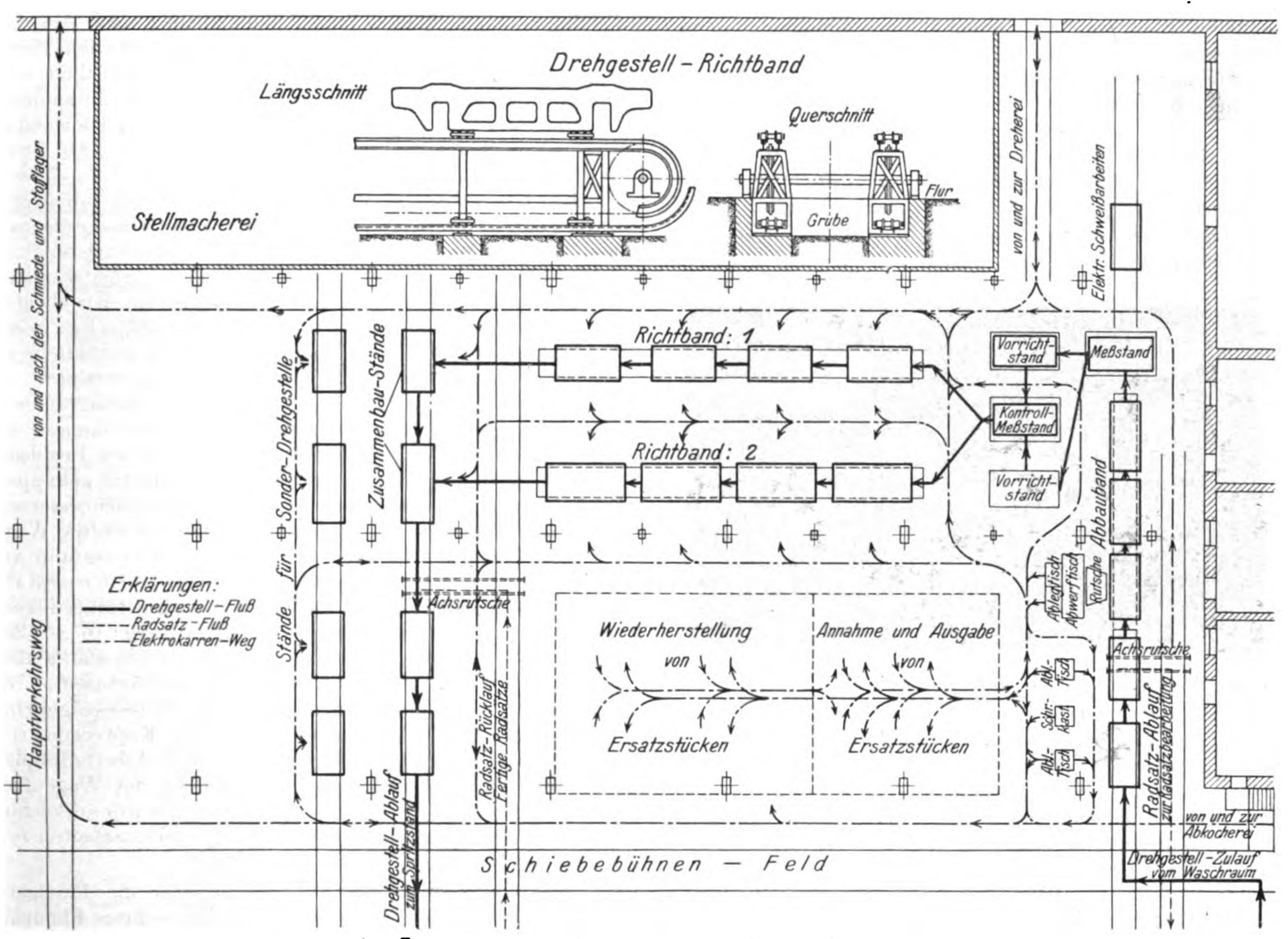


Abb. 4. Wiederherstellen von Drehgestellen im Fließgang.

5. Ausbau der Arbeitsorganisation.

Die Organisation der Arbeit soll Sicherheit geben, daß die Arbeiten reibungslos ausgeführt und zur festgesetzten Zeit fertiggestellt werden. Solche Sicherheit ist aber erst wirklich vorhanden, wenn die Organisation auf die Arbeiten sämtlicher das Werk berührender Fahrzeuge ausgedehnt ist. Die Organisation soll weiter ein einfaches Mittel an die Hand geben, im voraus die Fahrzeugkosten schnell zu überschlagen, was durch Ausmessen der Arbeitspläne mit einem Geldmaßstabe an Stelle eines Zeitmaßstabes erfolgt.

Es sei besonders unterstrichen, daß die Arbeiten **reibungslos** durchgeführt werden sollen. Reibungslos heißt: Ohne gegenseitige Behinderung der angesetzten Mannschaft, obgleich an einem Fahrzeug so viele Köpfe zur gleichzeitigen Arbeit zusammengezogen wurden, wie überhaupt nur möglich im Rahmen des gesamten Fahrzeugfließganges. Personalzusammenziehung verringert die Zahl der Fahrzeugarbeitsstände, schafft dadurch Raum zur Bewegung, verbessert die Übersichtlichkeit der Arbeit und verbindet Meister und Arbeiter eng miteinander. „Reibungslos" heißt aber noch weiter, daß die Arbeiten durch fehlende Stoffe und Ersatzstücke und Geräte nicht unterbrochen werden dürfen. Durch die schnelle Durchführung der Ausbesserung werden die von der Lokomotiv-Ausbesserung her bekannten Vorteile, nämlich Verringerung des Fahrzeugausbesserungsbestandes und des Werkanlagekapitals mit all den daraus sich ergebenden finanziellen Vorteilen geschaffen.

In früheren Zeiten besprachen die Meister untereinander, welche Arbeiten und zu welchen Zeiten die Arbeiten an den anstehenden Fahrzeugen ausgeführt werden sollten. Die große Menge der Fahrzeuge und die große Menge der Einzelarbeiten an den einzelnen Fahrzeugen brachte es mit sich, daß die Meister bereits bei dem Abschluß ihrer Besprechung den Inhalt der Besprechung zum größten Teil vergessen hatten. Nach der Organisation Neumünster sind solche Meisterbesprechungen überflüssig. Der Meister bekommt auf den Fahrzeugflußplänen vorgeschrieben, wann, wo und mit wie viel Köpfen er die Arbeiten seiner Meisterschaft zu erledigen hat. Weil er von Schreibarbeiten fast ganz befreit ist, hat er genügend Zeit, die etwaigen letzten Hindernisse, die auch im Auftreten zusätzlicher Arbeiten bestehen können, aus dem Weg zu räumen. Zu-

sätzliche Arbeiten lassen sich selbst bei aufmerksamster Arbeitsvoraufnahme nicht vermeiden, weil manche Arbeiten erst erkennbar sind, nachdem andere Arbeiten vorausgingen. So z. B. ist der Farbenanstrich erst prüfbar, nachdem das Waschen des Wagenkastens vorausging. Der Meister hat weiter genügend Zeit erhalten, die Güte der Arbeit seiner Mannschaft laufend zu überwachen. So wurde es in Neumünster erreichbar, einen Teil der Arbeitsprüfer zurückzuziehen und der unmittelbaren Fahrzeugausbesserung wieder zuzuführen.

Hingewiesen wird ferner noch auf den genannten Beamten des Arbeitsbüros, der sich dauernd im Wagenfließgang aufhält. Sein kleines mit Fernsprecher ausgerüstetes Büro ist auf Abb. 2 (Mitte) zu erkennen. Er ist der Kundschafter des Arbeitsbüros, an welchen Stellen des Fließganges sich noch Mängel zeigen, mögen diese in unpraktischer Anbringung der Handlampenanschlüsse liegen, in verspäteter Stoffanlieferung oder auch in verspäteter Fertigstellung usw. Jede Unregelmäßigkeit hat er seinem Büro zu melden, ganz gleich, ob jemand daran schuld ist oder nicht. Seine Aufgabe ist eben Mängel und Fehler aufzudecken. Er wird Fließmeister genannt.

Es wurde ausgeführt, daß der Ausbesserungsanfall an den Fahrzeugen sehr verschieden ist, daß die Einwirkungen, die sie hervorrufen, nach Art und Zeit sehr von einander abweichen

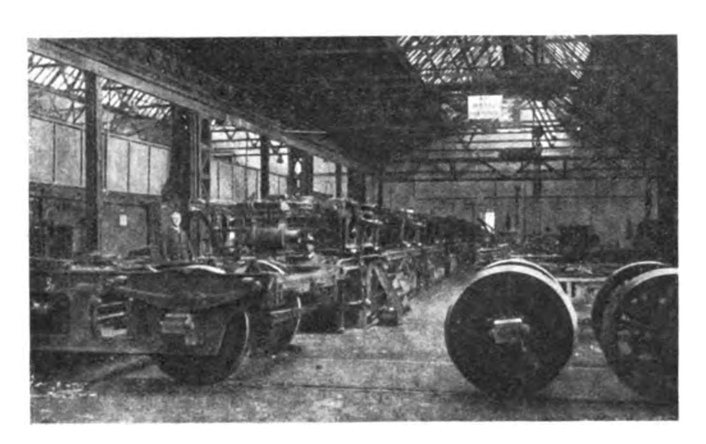


Abb. 5. Blick auf ein Drehgestell-Arbeitsband.

müssen. Das eine Fahrzeug wird deshalb ein volles Jahr, das andere, auch wenn keine gewaltsame Beschädigung auftritt, nur wenige Monate in der Hand des Betriebes sein. In der Praxis würde man natürlich für die Rückkehr der Fahrzeuge Termine festsetzen können, wie es ja auch geschieht. Aber es bleibt doch ein Unterschied, ob man nur Termine notiert oder auch dazu gleich die Hauptarbeiten festsetzt, beispielsweise, daß ein Wagen neuen Innenanstrich oder auch neu aufgearbeitete Sitzbanklatten erhalten soll, weil nämlich seit der letzten gleichartigen Arbeit eine bestimmte Frist vergangen ist. Solche Pläne werden in der Praxis nur zu einem so geringen Teil verwirklicht werden können, daß ihre Aufstellung sich gar nicht lohnt, es sei denn, daß man auf billigste Unterhaltung keinen besonderen Wert legt. Von derartigen brauchbaren Plänen bleiben nur die die periodische Untersuchung auf Betriebssicherheit behandelnden übrig. Diese haben etwa 80 % Wahrscheinlichkeit und bilden daher eine nicht zu verachtende Unterlage für die Arbeitsvorbereitung. Nur solche vorbereitenden Pläne stellte das Werk Neumünster auf. Mit ihrer Hilfe gelang es, das Werk zu den Hauptverkehrszeiten von allen Wagen fast zu leeren. Erwünscht aber wäre es, wenn in bestimmten Zeitabschnitten „Stimmungsbilder" über den voraussichtlichen Arbeitsanfall bekannt würden, sie wären vergleichbar mit einer laufenden Arbeitsvorbereitung und ihre Vorteile würden nicht nur auf die Werke der Ausbesserung beschränkt bleiben.

Im vorstehenden wurden die Gedankengänge niedergelegt, die der Arbeitsvorbereitung für den Wagenfließgang des Reichsbahnausbesserungswerkes Neumünster zugrunde liegen. In Abb. 3 möge vor Augen geführt werden, wie die Umsetzung der Gedanken in die Tat sich auch auf die übrigen Fahrzeugstände übertrug und das Aussehen der Hauptarbeitshalle des Werkes veränderte: Früher Enge, dadurch Dunkelheit und Nebeneinanderarbeiten, heute Weite, dadurch Licht und Zusammenarbeit.

Nicht vergessen soll werden, darauf hinzuweisen, daß die Annahme, weitgehende Arbeitsvorbereitung erfordere ein Heer von Menschen, falsch wäre. Wären dafür mehr Menschen nötig, so höchstens die ganz wenigen Arbeitsordner, also diejenigen, die die in den Gedingen vergebenen Arbeiten nach Art, Ort. Zeit und Kopf zu behinderungsfreien systematischen Plänen (Fahrzeugflußpläne) zusammenstellen. Einschließlich einer untergeordneten Kraft gebrauchte das Werk Neumünster hierfür bisher drei Köpfe, die an anderer Stelle wieder erspart wurden. Ein Mehrverbrauch an Köpfen trat also überhaupt nicht ein.

Es hätte wenig Zweck, nur an einer Stelle oder nur in einer Halle eines Werkes alle Maßnahmen zu betreiben, die nach dem Zeitstande hohe Wirtschaftlichkeit gewährleisten. So möge bei dieser Gelegenheit noch eine andere Arbeitsflußstelle des Werkes Neumünster vorgeführt werden, die sich ebenfalls sehr gut bewährt. Es ist der Drehgestellfließgang, in dem die Drehgestelle ihre periodische Untersuchung erhalten. In der Abb. 4 ist der Fluß der Ausbesserungsarbeiten des Fließganges dargestellt, und in Abb. 5 die photographische Wiedergabe des aufgestellten Arbeitsbandes des Ganges. Das Arbeitsband besteht aus einer 90 cm über Flur aus Profileisen gebauten Bahn, auf der durch eine endlose Kette gekuppelte Wagen laufen. Auf diese wiederum werden die auszubessernden Drehgestelle gesetzt. Zu bestimmten Zeiten werden die Wagen mit den Drehgestellen jedesmal um einen Arbeitsstand vorgezogen. Auf dem Band werden nur Drehgestelle normaler Bauart durchgearbeitet, soweit das Band sie fördern kann. Die übrigen, darunter besonders die dreiachsigen, deren Zahl verhältnismäßig gering ist, haben ihren Arbeitsplatz an anderer Stelle. Mitte des Jahres 1927 wurde der Arbeitsfluß des Bandes unter Zuhilfenahme von Zeitstudien neu eingerichtet mit dem Erfolg, daß die Bandleistung ohne Kopfvermehrung um 100% gesteigert wurde. Die neuen Arbeitsflußpläne wurden nach den gleichen Grundsätzen, wie der Wagenfließgang aufgebaut. Der Aufbau der Pläne wurde erleichtert dadurch, daß von den Drehgestelluntersuchungsarbeiten rund 50% dauernd wiederkehrende sind.

Zusammenfassend sei erwähnt, daß für die Fließgänge (Wagenfließgang und Drehgestellfließgang) mehrere Fließpläne (Rohflußpläne) aufgestellt wurden, um sie dem wechselnden Anfall noch leichter anpassen zu können: Für Wagen Pläne für Tagesleistungen von 8, 10, 12 Wagen, für Drehgestelle für 16, 18, 20 Stück. Bei Wagen ist 10 die normale Tagesleistung, bei Drehgestellen 20. Der Wagenfließgang ist seit April 1926, der Drehgestellfließgang seit September 1925 in Betrieb, beide arbeiten seit Juli 1927 mit sichtlichem Erfolg nach kombinierten Arbeitsflußplänen.

Der Einführung weitgehender Arbeitsvorbereitung, die sich noch auf weitere Gebiete erstreckt, als hier beschrieben, ist es in der Hauptsache zu verdanken, daß die Kopfleistung des Werkes Neumünster im Laufe eines Jahres um rund 20% gesteigert werden konnte. Die Überführung einiger weniger Köpfe von einem Finanz-Titel auf den anderen, die zur Durchführung der beschriebenen technischen Organisation erforderlich war, hat sich somit bestens gelohnt. In Wirklichkeit erhöhte die Überführung die Werkkosten um nichts, weil es sich dabei nur um Änderung der Buchungsstellen handelte.

Schlußbemerkung: Es wurde absichtlich unterlassen, auf Einzelheiten der im Werk Neumünster getroffenen Arbeitsvorbereitungsorganisation einzugehen, weil jede Organisation auf Vorhandenes und Erreichbares aufbauen muß und Einzelheiten nur örtlichen Wert haben können. Es wurde für wichtiger und wertvoller gehalten, die Gedankengänge vorzuführen, die die Arbeitsvorbereitung vom starren Flußplan zum beweglichen Flußplan führen mußte.

Wiegeeinrichtungen für Lokomotivbekohlung.

Von Dipl.-Ing. **Karl Diehl.**

Während die Bestimmung der an die Lokomotiven abgegebenen Kohlenmengen früher vorwiegend durch Raummessung erfolgte, geht man in jüngster Zeit zu Wiegeeinrichtungen über. Der Grund für diese Umstellung liegt darin, daß die Ansprüche, die heute an eine einwandfreie Kohlenverbrauchsüberwachung gestellt werden, eine größere Genauigkeit des Ergebnisses erfordern als dies früher der Fall war. So ist z. B. das von der Reichsbahn eingeführte Kohlenprämiensystem nur unter der Bedingung reibungslos durchführbar, daß die Gewichtsermittlung mit einer für die Ausgabebeamten sowohl wie für die empfangenden Lokomotivführer und Heizer befriedigenden Genauigkeit erfolgt. Da nun die Ergebnisse der Raummessung sehr stark beeinflußt werden durch die Verschiedenheit des Schüttgewichtes der einzelnen Kohlensorten, so leuchtet ohne weiteres ein, daß eine zuverlässige Kohlenverbrauchsfeststellung nur durch Wiegeeinrichtungen erreicht werden kann. Entsprechend den z. Z. gebräuchlichen Bekohlungsarten lassen sich bei diesen Waagen zwei Hauptgruppen unterscheiden. Die erste umfaßt die Gefäß- oder Bunkerwaagen, bei denen die Beschickung der Tender unmittelbar von den Kohlenhochbunkern aus erfolgt, die andere Gruppe wird von den Kranwaagen gebildet für die noch in zahlreichen Bahnhöfen gebräuchliche Bekohlung durch Ladekrane.

Abb. 1 zeigt eine Wiegeanlage der erstgenannten Gruppe, die kürzlich für eine mitteldeutsche Reichsbahndirektion ausgeführt worden ist. Die Anlage besteht aus zwei voneinander völlig unabhängigen Bunkerwaagen in Sonderausführung mit einer Tragfähigkeit von je 62 t und einer Wiegefähigkeit von je 50 t. Die Unterstützungskonstruktion, die zwischen zwei 6 m voneinander entfernten Gleisen freistehend angeordnet ist, trägt im oberen Teil das eigentliche Hebelwerk der Waage, auf dem die beiden mittels Greiferkran beschickbaren Wiegebunker pendelnd gelagert sind. Jeder dieser Bunker ist für die Aufnahme von Kohlen und Brikett durch eine Scheidewand unterteilt und mit zwei Ausläufen und hochklappbaren Schurren versehen, so daß die auf beiden Gleisen verkehrenden Lokomotiven bekohlt werden können. Der durch Winddruck auf die Bunkerflächen entstehende wagrechte Schub wird durch Zugorgane aufgenommen, die am Gerüst und Gefäß befestigt sind, ohne jedoch die für die Wägung erforderliche lotrechte Bewegungsfreiheit der Bunker zu beeinträchtigen. Die Wiegelast wird von dem oberen Hebelwerk mehrfach übersetzt durch eine Zugstange auf die unterhalb der Bunker in einem Wiegehaus aufgestellten Auswiegeapparate übertragen, die als Sicherheitswiegebalken in Verbindung mit einem Differenzgewichtsdruckapparat ausgebildet sind (Abb. 2). Bevor die für eine Lokomotive bestimmte Kohlenmenge entnommen wird, wird das Gewicht des Bunkerinhaltes ermittelt, das nach Einstellung der Gleichgewichtslage am Laufsgewichtsbalken sofort abgelesen und abgedruckt werden kann, da das Eigengewicht des Bunkers am Balken ausgeglichen ist. Nach Entnahme der Kohle und abermaliger Einstellung der Gleichgewichtslage wird das neue Ergebnis auf die gleiche Karte abgedruckt. Das Gewicht der ab-

Abb. 1. Zwei Bunkerwaagen für eine Bekohlungsanlage.

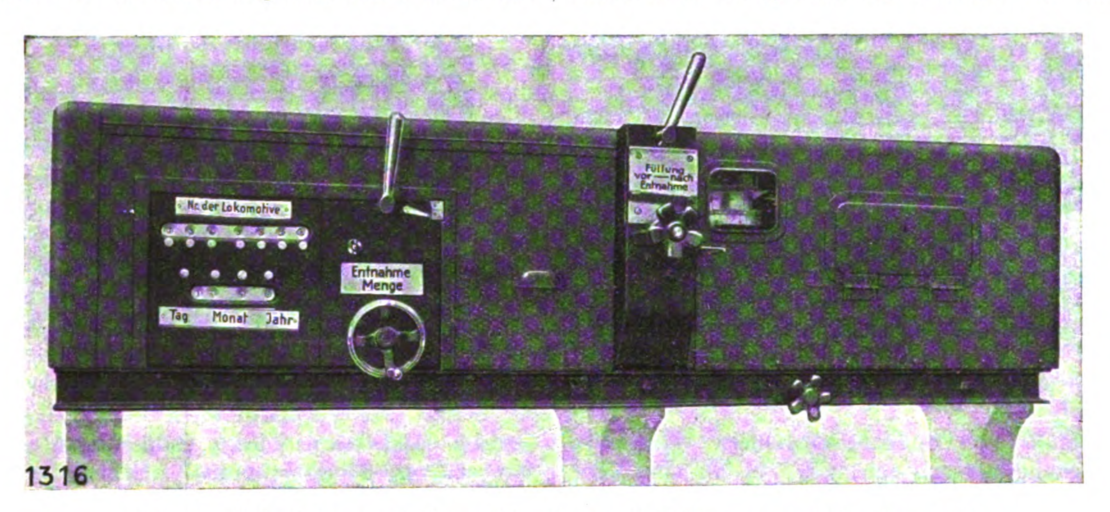


Abb. 2. Sicherheitswiegebalken „Securitas" mit Differenzgewichtdruckapparat.

gegebenen Brennstoffmenge ergibt sich dann aus der Differenz der Gewichtsergebnisse und kann ohne Betätigen einer Zusatzvorrichtung ebenfalls auf die Wiegekarte abgedruckt werden, braucht also nicht wie bei dem Wiegebalken normaler Ausführung errechnet zu werden. Dadurch wird die Gewichtsermittlung einmal außerordentlich beschleunigt, andererseits

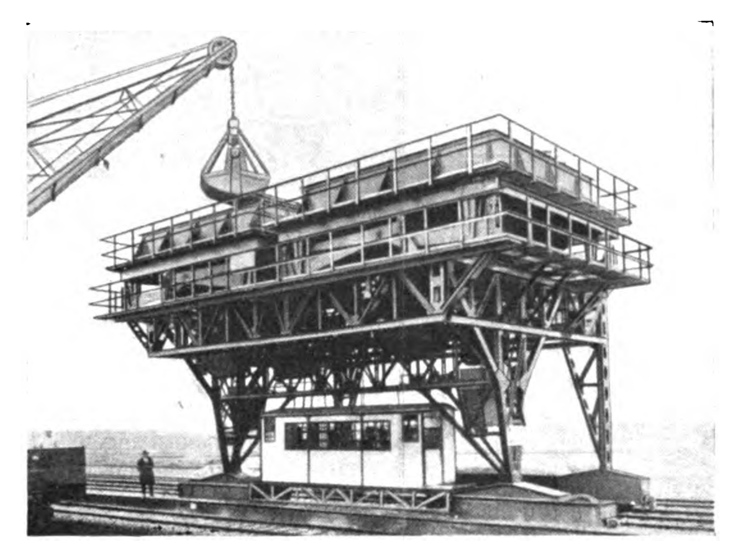


Abb. 3. Zwei Schenkwaagen in einer von der Firma Nagel in Karlsruhe gebauten Bekohlungsanlage.

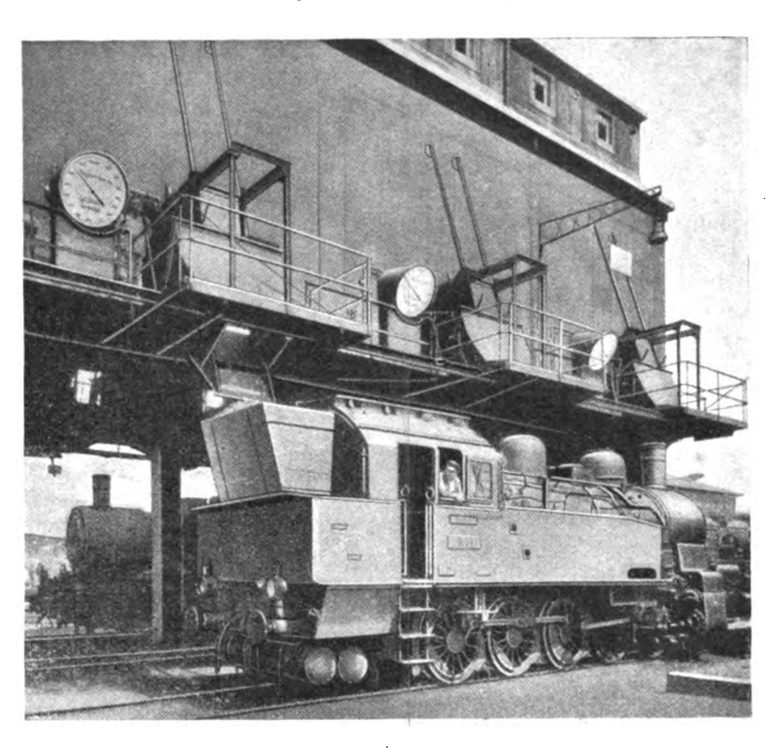


Abb. 4. Drei Spezialgefäßwaagen mit Zeigerauswiegevorrichtung.

aber auch die Gefahr von Subtraktionsfehlern vermieden. Eine Reihe von Sicherheitseinrichtungen, die in sinnvoller Weise miteinander gekuppelt sind, verhüten jede Art von Falschwägungen wie sie durch falsches Einstellen des Laufgewichtes, unrichtige Gewichtsabdrücke, Beeinflussung des schwingenden Wiegebalkens usw. bei den einfachen Wiegebalken vorkommen können. Eine besondere Vorrichtung gestattet noch den Aufdruck der jeweiligen Lokomotivnummer und des Datums. Zur Kontrolle der Wiegekarte dient ein in verschließbarem Gehäuse befindlicher Papierstreifen, auf dem die Nettogewichte nebst Lokomotivnummer und Datum fortlaufend untereinander abgedruckt werden. Die Waage ist eichfähig und besitzt die bei den Laufgewichtswaagen bekannte hohe Genauigkeit.

Bei einer anderen ebenfalls zwei Doppelbehälter mit einem Fassungsvermögen von je 60 t für Kohlen und Briketts enthaltenden fahrbaren Bunkeranlage (Abb. 3) ist eine Entlastungsvorrichtung angeordnet, bei der die Bunker nach vollzogener Wägung sich auf vier feste Ruhezapfen absetzen, so daß die Tragschneiden nur während des Wiegevorganges wesentliche Drücke aufzunehmen haben. Indessen ist bei Bunkerwaagen genannter Wiegefähigkeit die Mehrbeanspruchung der Schneiden bei Wegfall der Entlastung nur sehr gering. Die Entlastungsvorrichtung ist daher auch eichgesetzlich nicht vorgeschrieben, vorausgesetzt, daß die Greiferfüllung des Beschickungskranes kleiner als ein Zehntel der Höchstlast ist.

Der Sicherheitswiegebalken bietet Gewähr für Übereinstimmung des tatsächlichen und des abgedruckten Gewichtes, nicht aber dafür, daß unbemerkt eine Entnahme ohne Wägung stattfinden kann. Dies wird dadurch verhütet, daß mit den Bunkerablaufschurren Zählwerke verbunden werden, die die Anzahl der in einem beliebigen Zeitraum vorgenommenen Wägungen angeben. Bei ordnungsgemäßem

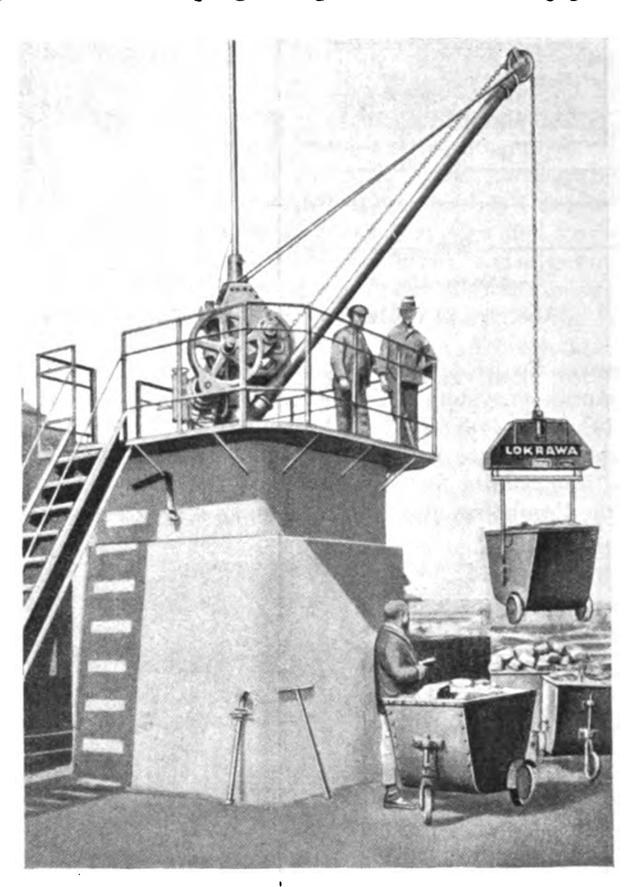


Abb. 5. Gewichtskontrolle mit Kranwaage „Lokrawa“.

Betrieb muß dann jeweils Zählerangabe und Angabe der Wiegekarten übereinstimmen. Schließlich kann noch eine Blockierung des Schurrenantriebes und des Abdruckhebels vorgesehen werden, die nur von dem Wiegemeister gelöst werden kann. Dies bietet noch eine Sicherheit dafür, daß in Abwesenheit des Wiegemeisters kein Brennmaterial entnommen oder verwogen werden kann.

Umfassender noch ist die Möglichkeit von Sicherheitsmaßnahmen bei Verwendung eines selbsttätigen Auswiegeapparates mit elektrischer Druckknopfsteuerung. Die Verschiebung der Laufgewichte wird durch Druck auf einen Knopf

eingeleitet und erfolgt, wie auch das Stillsetzen, vollkommen selbsttätig. Ein Läutewerk zeigt jedesmal an, wenn eine Wägung beendet ist. Eine selbsttätige Sperrvorrichtung verhindert Wägungen bei nicht geschlossenem Wiegegefäß sowie das Öffnen desselben während des Wiegevorganges. Es kann daher kein Material ungewogen entnommen werden. Der Wiegeapparat wird mit einem verschließbaren Blechgehäuse umgeben, so daß der Ablauf der Wägung in keiner Weise beeinflußt werden kann. Es besteht somit bei dieser Anordnung vollkommene Sicherheit gegen Falsch-, Nicht- und Doppeltwiegen, so daß die Bekohlung von der Zuverlässigkeit des Bedienungspersonals vollkommen unabhängig ist. Auch hier können auf die Wiegekarten bzw. auf den Bandstreifen außer dem Wiegeergebnis noch andere Werte, wie Lokomotivnummern, Beizeichen für die einzelnen Brennstoffarten und dergl., abgedruckt werden. Wann diese naturgemäß in der Anschaffung teurere Anlage oder eine einfachere Bunkerwaage am Platze ist, richtet sich nach den jeweiligen Verhältnissen und muß von Fall zu Fall entschieden werden.

Eine von der vorbeschriebenen Bauart abweichende Wiegevorrichtung zeigt Abb. 4. Die Bekohlungsanlage besteht aus zwei einander gegenüber liegenden Reihen von je vier fest angeordneten Vorratsbunkern, von denen ein jeder am Auslauf mit einer Beschickungseinrichtung versehen ist. Sie ist zugleich typisch für die Entwicklung der Lokomotivbekohlungskontrolle insofern, als sie ursprünglich mit Meßgefäßen geliefert worden ist, die unter den Preßluftabsperrschiebern eingebaut waren. Die Feststellung der verausgabten Kohlenmenge erfolgte durch einen Zähler, der von der Bodenklappe des Meßgefäßes betätigt wurde. Obwohl diese Anlage mehrere Jahre im Betrieb war, sah man sich doch schließlich durch die Unzulänglichkeit der Raummessung veranlaßt, zur Gewichtskontrolle überzugehen. Zu diesem Zwecke ersetzte man die Meßgefäße durch Wiegegefäße mit je 1500 kg Fassungsvermögen. — Die Auswiegevorrichtung besteht in einer Neigungszeigerwaage, die das Gewicht selbsttätig anzeigt. Damit das Ergebnis sowohl vom Wiegestand als auch vom Führerstand der Lokomotive aus abgelesen werden kann, ist die Auswiegevorrichtung mit zwei einander gegenüber liegenden Zifferscheiben ausgestattet. Das Wiegegefäß wird durch Öffnen des Absperrschiebers gefüllt und mittels eines Handhebels in Wiegestellung gebracht. Nachdem in etwa fünf Sekunden das Ergebnis abgelesen ist, wird die Waage wieder entlastet, wobei sich das Gefäß auf vier Ruhezapfen aufsetzt. Hierauf erfolgt durch einen weiteren Handhebel das Öffnen der Bodenklappe, die nach Entleerung des Gefäßes durch einen Fußhebel wieder gelöst wird und infolge Gegengewichtswirkung zuschlägt. Um zu verhüten, daß die Absperrschieber versehentlich bei nichtgeschlossener Bodenklappe geöffnet werden, ist eine Signallampe angebracht, die dem Wiegebeamten anzeigt, wenn die Klappe nicht ganz geschlossen ist. Die ganze Wägung vollzieht sich in wenigen Sekunden, so daß ein nennenswerter Zeitverlust bei der Bekohlung nicht entsteht.

Die Bunkerwaage kann auch so angeordnet werden, daß aus einem Doppelbunker bzw. zwei nebeneinander angeordneten Vorratsbunkern in ein darunter befindliches Wiegegefäß nacheinander Kohlen und Briketts geleitet und nach erfolgter Verwiegung in den Tender der Lokomotive entleert werden. Für die Ermittlung der Einzelgewichte der beiden Brennstoffe kommt zweckmäßig der bereits eingangs erwähnte Differenzgewicht-Druckapparat in Anwendung, nur mit dem Unterschied, daß an Stelle des Nettogewichtes hier das Gewicht der Brikettmenge tritt. Man läßt zunächst die erforderliche Kohlenmenge in das Gefäß strömen und druckt dann das Gewicht auf der Wiegekarte ab. Zu den im Gefäß befindlichen Kohlen füllt man dann aus dem zweiten Bunker die Briketts nach und ermittelt das Gesamtgewicht der Kohlen und Briketts. Das Brikettgewicht ergibt sich nunmehr als Differenz dieses Gesamtgewichtes und des zuvor ermittelten Einzelgewichtes und kann an der Zusatzvorrichtung ohne weiteres abgedruckt werden. Die einzelnen Brikettgewichte nebst Lokomotivnummer und Datum werden dann noch jedesmal auf einen sich selbsttätig weiterschaltenden und in einem verschließbaren Gehäuse untergebrachten Papierstreifen abgedruckt, so daß eine in jeder Hinsicht einwandfreie Aufschreibung und Kontrolle der verwogenen Menge gewährleistet ist.

Zum Schluß sei noch die bereits erwähnte aus Abb. 5 ersichtliche Kranwaage erläutert, die bei der Bekohlung durch Kohlenladekrane mittels Kübelfahrzeugen in Anwendung kommt. Diese halbautomatische Laufgewichtsneigungswaage entstand s. Z. auf Anregung des Eisenbahnzentralamtes Berlin und ist das Ergebnis von eingehenden Überlegungen und Versuchen, die in Verbindung mit der Reichsbahn durchgeführt wurden. An dem Laufgewichtsbalken wird das Eigengewicht der Kübelfahrzeuge, das in jedem Falle das gleiche sein muß, und außerdem ein Mindestanteil der Nutzlast (450 kg) ein für allemal ausgeglichen. Der restliche Teil der Last (450 bis 550 kg) wird selbsttätig durch einen Neigungswiegebalken ermittelt, und das Ergebnis, das Nettogewicht der jeweiligen Kohlenfüllung, an einer Zeigerskala angezeigt. Die kleinste Skalenteilung von 5 kg ermöglicht die Ablesung mit hinreichender Genauigkeit. Soll ein gefülltes Fahrzeug gewogen werden, so wird es in die Hakenhängeeisen der Waage eingehängt und die Hubwinde des Ladekranes eingeschaltet, bis das Kübelfahrzeug frei hängt. Dann wird mittels Handhebel die Feststellvorrichtung gelöst und der Wiegebalken zum Einspielen freigegeben, worauf der Zeiger sich binnen 3 bis 4 Sekunden auf den Gewichtsbetrag einstellt und das Wiegeergebnis abgelesen werden kann. Sodann wird der Wiegebalken durch Umlegen des Handhebels wieder festgestellt und der Kohlenkarren kann über den Tender gezogen und entleert werden. Auch bei dieser Bauart ist durch zweckmäßige Anordnung der Skala dafür Sorge getragen, daß das Ergebnis sowohl von den Ausgabebeamten wie von den Lokomotivführern und den Heizern mühelos abzulesen ist. Das Gehäuse der Waage ist derart ausgebildet, daß es ohne weiteres an Stelle des zu verwendenten Hakengeschirres mit Federpuffer an das Schlußglied der Krankette angehängt werden kann und zwar, ohne daß dadurch ein Verlust an Hubhöhe entsteht. Die Aufhängeöse ist mit Kugellagerung versehen, so daß die Waage nach allen Richtungen hin leicht schwenkbar ist. Starke Schraubenfedern dienen zur Aufnahme von Stößen bei ruckartigem Anziehen der Kranwinde oder bei unsanftem Aufsetzen auf den Boden. Eine wesentliche Mehrbelastung des Kranes entsteht durch die Waage nicht, da das Eigengewicht nur rund 200 kg beträgt.

Die vorstehend beschriebenen Wiegeanlagen wurden von der Firma Carl Schenck, Eisengießerei und Maschinenfabrik Darmstadt, G. m. b. H. ausgeführt.

Persönliches.

Konrad Pressel †.

Am Sonntag, den 20. Januar 1929 ist Professor Dr. Konrad Pressel auf seinem Landhause bei Icking (Gem. Dorfen) im Isartale plötzlich einem Herzschlage erlegen. Am 24. Januar ward er im Feuer bestattet und seine Asche ist in Dorfen beigesetzt.



Als Sohn des großen Meisters der Ingenieurbaukunst Wilhelm Pressel*) wurde er am 24. Juni 1857 zu Olten in der Schweiz geboren; 1875 erwarb er das Reifezeugnis am Wiener Akademischen Gymnasium und, nach Abdienung des Freiwilligenjahres bei den preußischen Gardedragonern, begann er in Wien Rechtswissenschaften zu studieren. Nach einem Jahre wandte er sich jedoch dem Studium der technischen Wissenschaften zu, anfangs in Graz und bis 1882 in München, wo er an der Maschineningenieur-Abteilung absolvierte. Bald kam er bei Brandt und Brandau zu Tunnelbauten im Salzkammergut und 1883 zum Patolina-Tunnel in Italien. 1886 berief ihn Professor Moritz Schröter als Assistenten für theoretische Maschinenlehre nach München; aber schon nach einem Jahre übertrug ihm Brandau die Bauleitung des Suvam-Tunnels im Kaukasus. 1891 trat Konrad Pressel als Oberingenieur bei Lindes Gesellschaft für Eismaschinen ein und hatte als solcher über acht Jahre lang in ganz Europa bahnbrechende Arbeit zu leisten. Als der Bau des Simplon-Tunnels begann, erwählte ihn Brandau zum Oberingenieur und Bauleiter der südlichen Hälfte mit dem Sitze in Iselle. Hier boten sich bedeutende Bauschwierigkeiten: Stellenweise wurden sogar eiserne Stollengewinde zerquetscht, zerknallendes Gebirge trat auf; es erfolgten gewaltige Einbrüche nicht nur kalten, sondern auch heißen Wassers und vor Ort stieg die Temperatur auf 56° C! Mit bewundernswertem Geschick und Scharfblick gelang es Pressel, die Hindernisse nicht nur zu überwinden, sondern auch wissenschaftlich zu untersuchen und zu erklären, wofür ihn die Universität Basel durch Verleihung der Ehrenwürde eines Dr. phil. auszeichnete.

Als der Simplonbau zu Ende ging, ergriff die Münchener Technische Hochschule die Gelegenheit, diese ausgezeichnete, vielseitige, welterfahrene Kraft für eine neu zu gründende Professur mit Tunnelbau als Hauptfach zu gewinnen und vom Sommersemester 1906 angefangen entfaltete sich Konrad Pressel zu einer Zierde der Hochschule, zu einem Vorbilde für die Studierenden. Sein plötzlicher Hingang in voller geistiger und körperlicher Rüstigkeit, ungeschwächter Schaffenskraft und Schaffensfreude ist ein schmerzlicher Verlust für die Hochschule und die große Zahl von Freunden und Verehrern, die er auf seinem weiten Lebenswege allenthalben gewonnen hatte.

Professor Dr. Franz Kreuter,
Techn. Hochschule, München.

*) Ergänzungsheft zum Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Jahrgang 1902.

Oberbaurat Dr. Ing. e. h. Karl Müller †.

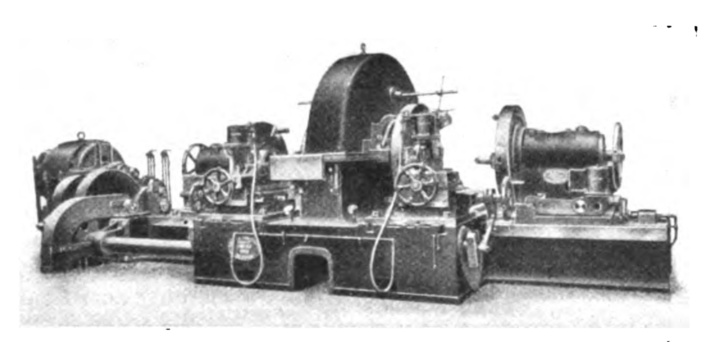
Am 21. Februar ist der in Berlin im Ruhestand lebende Wirkliche Geheime Oberbaurat Dr. Ing. e. h. Karl Müller im Alter von 81 Jahren gestorben. Wirklicher Geheimer Oberbaurat Müller war mehr als 40 Jahre im Dienst der Preußischen Staatsbahnverwaltung tätig. In den Jahren 1895 bis 1917, bis zu seinem Übertritt in den Ruhestand war er Vortragender Rat im Ministerium der öffentlichen Arbeiten und hat sich besondere Verdienste um die Entwicklung des deutschen Lokomotivbaues erworben. Lange Jahre hindurch war er Mitglied des Technischen Oberprüfungsamtes und der Akademie des Bauwesens. Die Technische Hochschule in Berlin verlieh ihm im Jahre 1912 die Würde eines Dr. Ing. e. h.

Berichte.

Werkstätten; Stoffwesen.

Wagenradsatzdrehbank mit Mittelantrieb.

Die Entwicklung der Wagenradsatzdrehbank mit Mittelantrieb reicht in England bis in das vorige Jahrhundert zurück. Bereits vor vielen Jahren wollte man die Wagenachsen von den starken Beanspruchungen bei hohen Schnittleistungen dadurch befreien, daß man an Stelle des doppelseitigen Antriebes ein kräftiges Gußstück als Mittelspindel anordnete, welches sich mit Klemmbacken an die Radreifen beider Räder zugleich anlegte und so beide Räder des Radsatzes starr miteinander verband.



Englische Wagenradsatzdrehbank mit Mittelantrieb.

So wurden die bei doppelseitigem Antrieb an beiden Rädern entstehenden Ungleichmäßigkeiten vermieden. Eine Schwierigkeit bestand jedoch noch darin, daß das an diesem Maschinenteil befindliche Stirnrad zur Aufnahme der Achse ausgespart sein mußte. Der Antrieb durch ein Ritzelpaar konnte nicht verhindern, daß die Kraft zwischen den Zähnen wegen dieser Unterbrechung ungleichförmig übertragen wurde. Dadurch nützte sich aber auch das Getriebe stark ab. Man erkannte, daß die Lücke im Stirnrad ausgefüllt werden mußte und erreicht dies nun dadurch, daß man jedesmal nach dem Einbringen der Achse ein segmentförmiges Zahnradstück einfügt, so daß der Zahnkranz vollständig geschlossen ist.

An den Außenseiten stützen sich die Räder mit den Radreifen auf zwei bewegliche Reitstücke, deren Planscheiben Knappen tragen, die dem Druck der Klauen des Spindelstockes an den Innenseiten der Radreifen entgegenwirken und wie die letzteren mit Schraubspindeln festgespannt werden. Vorher werden die Achsschenkel des Radsatzes zur Mitteleinstellung der Achse mit kegelförmigen Buchsen in die hohlen Spindeln der Reitstöcke eingespannt. Nach dem Festziehen der letzteren sind Radsatz und Drehbank fest verbunden. Das Stirnrad auf der Mittelspindel treibt nun die beiden Räder und die Planscheiben der Reitstöcke, ohne die Achse des Radsatzes selbst zu beanspruchen (siehe Abb.). Daher kann man die Radreifen auch mit der größten erreichbaren Schnittleistung abdrehen. Die heute auf dem Markt befindlichen Schnellschnittstähle gestatten ohne Erschütterungen der Bank selbst hartgebremste Radreifen bei einem Vorschub von 13 mm auf eine Umdrehung mit einer Schnittgeschwindigkeit bis zu 3 m in der Minute und bei einem Kraftaufwand von rund 54 PS abzudrehen. Zum Schlichten wird ein Formstahl verwendet, der den ganzen Querschnitt auf einmal bearbeitet. Die Radsatzbank leistet 31 Radsätze in $8^1/_2$ Stunden. Bttgr.

(The Railw. Eng., Mai 1928.)

Neue Bauweise amerikanischer Betriebswerkstätten.

Hierzu Abb. 1, Tafel 5.

Die Boston und Albany-Eisenbahn hat in Worcester eine vollkommen neue Betriebswerkstätte an Stelle der alten, unzureichend gewordenen Anlage mit einem Kostenaufwand von etwa 2,5 Millionen Mark erbaut, die durch ihre bauliche Ausführung bemerkenswert ist. Behandelt werden darin etwa 60 Lokomotiven.



Das Maschinenhaus ist als Kreissektor gebaut und enthält 15 Stände von je 33,6 m Länge. Es ist als Eisenfachwerk errichtet mit ziegelgemauerten Außenwänden und mit Eisenbeton-Dach. Das ganze Eisengerüst einschließlich der Stützen für das Dach ist mit Beton umhüllt. In eigenartiger Weise ist das Dach ausgebildet, nämlich in einer Art Sägezahnform, die spiegelbildlich zur Dachmitte angeordnet ist. Die mittlere Doppelringfläche des Daches liegt also höher als die beiden äußeren Dachflächen. Die Neigung sämtlicher vier Ringflächen weist nach innen. Die Vorteile dieser Anordnung liegen darin, daß die Innenbeleuchtung sehr gut und der Rauch durch die vier nach außen ansteigenden Dachflächen rasch in Abzugskanäle abgeleitet wird. Die Ausführung des Daches in Eisenbeton bringt den Vorteil der Feuersicherheit mit sich, aber zugleich den Nachteil starker Schwitzwasserbildung, wie sie an mehreren betongedeckten Maschinenhäusern schon beobachtet wurde. Bei dem besprochenen Bau wurde zwischen Innen- und Außendecke des Daches eine 50 mm starke Korkschicht gelegt, wodurch die Schwitzwasserbildung fast völlig verhindert wird. Über jedem Stand ist ein Rauchabzug angeordnet mit zwei beiderseits über den Lokomotivkamin hinabreichenden Betonvorhängen. In der Fahrtrichtung der Lokomotive fehlen die Vorhänge, so daß verschieden hohe Lokomotiven ohne besondere Maßnahme unter den Rauchabzug fahren können.

Das Maschinenhaus besitzt eine Luftheizung, die innerhalb einer Stunde einen sechsmaligen Luftwechsel bewirkt. Die vorgewärmte Frischluft strömt aus einem unter Flur angeordneten Betonkanal in Seitenkanäle, die beiderseits jeder Arbeitsgrube liegen und die ihre Warmluft in die Arbeitsgrube abgeben (siehe Abb. 1, Taf. 5). Flutlichtlampen, deren je zwei zu 200 Watt zwischen zwei Ständen an der äußeren Ringwand oben angeordnet sind, sorgen für eine gleichmäßige Allgemeinbeleuchtung. Dampf-, Preßluft-, Wasser- und Gasleitungen mit Anschlußstellen für je zwei Stände sind durch das Haus geführt. Ein fahrbarer Kran mit einziehbarem Ausleger dient zum Abnehmen und Anbringen schwerer Teile an den Lokomotiven. Für eine fahrbare elektrische Schweißmaschine sind zwischen je zwei Ständen Steckkontakte vorgesehen. Um die Werkzeugausgabe klein zu halten, ist jedem Schlosser ein tragbarer, gut ausgestatteter und verschließbarer Werkzeugkasten zugeteilt, für deren ordentliche Aufbewahrung an der äußeren Ringmauer Platz vorgesehen ist.

An das Rundhaus ist die Werkstätte angebaut, die eine Abteilung für die Bearbeitungsmaschinen, für die Schmiede, für die Unterhaltung der Luftbremse und die Instandsetzung der Triebwerksteile besitzt. In unmittelbarer Nähe des Maschinenhauses steht ein in Eisenbeton errichtetes Gebäude für die Verwaltungsräume, die Stofflager, Wasch- und Ruheräume. Eine Bekohlungsanlage nach dem Bechersystem mit einem Bunker für 200 t, Druckluft-Besandungsanlage mit Sandtrocknung und einem Bunker für 12 t und eine Entschlackungsanlage mit selbsttätiger Schlackenabfuhr aus dem Schlackengraben durch eine Becheranordnung vervollständigen die Einrichtung der neuen Betriebswerkstätte. Eb.

(Railw. Age Juli 1928.)

Einrichtungen einer neuzeitlichen amerikanischen Betriebswerkstätte.

Die Texas und Pacific Bahn hat im Zusammenhang mit der Erbauung eines neuzeitlich eingerichteten Verschiebebahnhofes bei Fort Worth eine neue Betriebswerkstätte errichtet. Im Mittelpunkt der Werkstättenanlage liegt das Rundhaus. Je ein Doppelgleis für ankommende und für abfahrende Lokomotiven stellt die unmittelbare Verbindung des Rundhauses mit den Maschinengleisen zum Bahnhof her. Da die hier zu behandelnden Lokomotiven sämtlich mit Ölfeuerung ausgestattet sind, fehlen die Bekohlungs- und Entschlackungsanlagen. Der Raum für diese Einrichtungen ist aber vorgesehen. An den Eingangsgleisen sind Untersuchungsgruben und eine Waschanlage für das äußere Abwaschen der Lokomotiven angeordnet. Öl- und Wasserkranen an den Ein- und Ausgangsgleisen versorgen die Lokomotiven mit den nötigen Betriebsstoffen. Das Öl wird aus einer großen Tankanlage von etwa 3900 cbm Fassungsvermögen geliefert. Preßluftbediente Sandkrane geben getrockneten Sand ab.

Das Rundhaus mit 32 Ständen von je 36,3 m Länge ist in Eisenbeton errichtet und mit Asbestplatten abgedeckt. Bemerkenswert ist die Kessel-Wasch- und Füllanlage, die auf Grund der guten Erfahrungen in einer anderen Werkstätte der Gesellschaft eingerichtet wurde. Auf den wenigen Ständen werden täglich etwa 70 große Lokomotiven behandelt, von denen etwa 40 gewaschen und wieder gefüllt werden. In 45 Minuten ist eine Lokomotive mit Heißwasser und Dampf gefüllt und ohne Feuer auf etwa 7 at Kesseldruck gebracht. Frischdampf und Wasser werden in einer Art von Injektor, der vor jedem Stand angeordnet ist, gemischt und in biegsamen Rohren dem Lokomotivkessel zugeleitet. Die Füllanlage steht in Verbindung mit der Lokomotivauswaschanlage. In das System wird auch der gesamte Abdampf aus Hilfseinrichtungen, wie z. B. den dampfbetriebenen Pumpen und Luftverdichtern eingeleitet.

Das Krafthaus enthält den Kesselraum, den Pumpenraum und den Kompressorenraum.

Die Lokomotivausbesserungswerkstätte gliedert sich in eine Richthalle, eine Halle für schwere und eine Halle für leichte Maschinen. Sämtliche Hallen sind mit schweren und leichten Kranen ausgestattet. Dach und Seitenwände sind mit Ausnahme der tragenden Teile ganz in Glas ausgeführt.

Das Stofflager und das Ölhaus sind in Eisenbeton errichtet und mit Rücksicht auf die Feuersgefahr baulich besonders durchgebildet. Eb.

(Railw. Age 1928, 2. Halbjahr, Nr. 11.)

Lokomotiven und Wagen.

1 E 2 - h 2 Güterzuglokomotive der Chicago, Burlington und Quincy-Bahn und 2 D 2 - h 2 Personenzuglokomotive der Atchison, Topeka und Santa Fe-Bahn.

Hierzu Abb. 2 bis 4 auf Tafel 5.

Beide Lokomotiven sind von den Baldwin-Werken gebaut worden. Die 1 E 2-Lokomotiven sind z. Z. die leistungsfähigsten Zweizylinder-Lokomotiven überhaupt. Sie entwickeln eine Zugkraft von 42500 kg; ihr Kohlenverbrauch soll im Vergleich zu neuzeitlichen 1 E 1-Heißdampf-Lokomotiven mit Vorwärmer um 16%, der Wasserverbrauch um 22% geringer sein. Die neuen Lokomotiven erlauben der Eigentumsbahn, ihre Güterzugbelastungen von 6800 t auf 8000 t zu erhöhen und zugleich noch die Fahrzeiten herabzusetzen, so daß sich eine Personalersparnis von rund 25% ergeben soll.

Der außerordentlich große Kessel mit Kleinrohrüberhitzer besitzt eine Verbrennungskammer und ein tiefsitzendes Blasrohr. Sämtliche Hilfsmaschinen und Hilfseinrichtungen werden mit überhitztem Dampf betrieben. Sechs von den insgesamt zwölf Lokomotiven haben Einspritzvorwärmer, die übrigen Oberflächenvorwärmer. Man scheint sich also in Amerika bisher noch nicht endgültig für eine dieser beiden Formen entschieden zu haben. Die Rahmen, und bei einem Teil der Lokomotiven auch die Stangen, sind aus Chrom-Vanadiumstahl. Der hohe Dampfdruck von 17,6 at, den man neuerdings in Amerika vielfach verwendet, gestattet es, noch mit zwei Zylindern und einem größten Füllungsgrad — abgesehen vom Anfahren — von 61,4% auszukommen. Die Treibstangen sind nach der von den Lima-Werken eingeführten sogenannten Tandem-Bauart ausgeführt, um die großen Zylinderkräfte nicht voll über die Treibzapfen übertragen zu müssen und die Zylindermittel näher zusammen zu bringen. Das Schleppgestell hat die von den einachsigen Schleppgestellen her bekannte Delta-Bauart. Es ist, wie auch die Tender-Drehgestelle aus Stahlguß gefertigt; die beiden Schleppachsen haben abweichend von den meisten anderen Ausführungen Räder gleichen Durchmessers und gleiche Belastung. Sie sind durch Ausgleichhebel verbunden.

Der sechsachsige Tender faßt die ungewöhnlich große Menge von 81 m³ Wasser.

Die in Abb. 2 bis 4 auf Taf. 5 dargestellte 2 D 2-Lokomotive hat etwas kleinere Abmessungen, ist jedoch in manchen Einzelheiten — vor allem hinsichtlich der Ausführung des Kessels und



des Schleppgestelles — der 1 E 2-Lokomotive ähnlich. Ihr Kesselüberdruck beträgt nur 15 at. Der außerordentlich weite Schornstein ist in einfachster Weise auf einen besonderen Untersatz aus Preßblech aufgesetzt, der mit der Rauchkammer verschweißt ist. Der Dampfdom sitzt auf dem letzten der drei Langkessel-Schüsse. Unmittelbar vor ihm, jedoch auf der linken Seite des Kesselrückens sitzt ein niedriger Hilfsdom, der die drei Sicherheitsventile trägt und zugleich ähnlich der russischen Ausführung als Mannloch dient, so daß das Dampfsammelrohr zum Einsteigen in den Kessel nicht ausgebaut zu werden braucht. Vor den Domen sitzen zwei außerordentlich große Sandkästen. Beachtenswert ist auch, daß das Führerhaus sich mit seiner schrägen Vorderwand unmittelbar an die Kesselrückwand anpaßt. Diese Ausführung, die man neuerdings in Amerika vielfach findet, hat den Vorteil, daß die Waschluken der Stehkessel-Seitenwände durchweg frei zugänglich sind; auch wird die Wärmeausstrahlung im Führerhaus vermindert. Zur Kesselspeisung über einen Oberflächen-Vorwärmer dient eine Kreiselpumpe, die links unter dem Führerhaus sitzt und gleichmäßiger fördern soll als die üblichen Kolbenpumpen.

Rahmen und Zylinder sind aus Stahlguß, für die Zapfen, Kolben- und Treibstangen ist hochwertiger Stahl verwendet worden. Eine Besonderheit weist die Heusinger-Steuerung auf: um den Schieberhub zu vergrößern, ohne den Winkel der Gegenkurbel allzu sehr vergrößern zu müssen, ist zwischen Schwinge und Voreilhebel eine Hebelübersetzung eingebaut worden. Der größte Schieberhub beträgt damit 229 mm.

Der sechsachsige Tender weist keine Besonderheiten auf. Die neue 2 D 2-Lokomotive, von der 40 Stück gebaut worden sind, soll vermöge ihres guten Massenausgleiches den Oberbau trotz ihrer hohen Achsdrücke sehr wenig beanspruchen. Zur Schonung des Oberbaues in den Krümmungen sind die Spurkränze der 1. und 4. Kuppelachse um 3 mm näher zusammengerückt — also nicht zurückgedreht —, außerdem haben sämtliche Kuppelachsen 5 mm Seitenspiel in den Lagern. Beide Achsen des vorderen Drehgestelles haben 9,5 mm Seitenspiel; die vordere Achse des Delta-Gestelles hat 5 mm, die hintere 9,5 mm Seitenspiel.

Die Lokomotive besitzt keine Hilfsmaschine; sie entwickelt eine Zugkraft von 30000 kg. Sie soll Züge von 15 eisernen Personenwagen — zu je 60 bis 70 t Gewicht — über Steigungen bis zu 20‰ und solche von 9 Wagen über Steigungen bis zu 35‰ befördern.

Die Hauptabmessungen beider Lokomotiven sind nachstehend zusammengestellt:

	1 E 2-Lokomotive	2 D 2-Lokomotive
Kesselüberdruck	17,6	15,0 at
Zylinderdurchmesser	2×787	2×762 mm
Kolbenhub	812	762 „
Kesselmitte über Schienenoberkante	3353	3200 „
Feuerbüchse, Länge×Weite	3812×2597	3657×2743 „
Heizrohre: Anzahl	87	57 Stück
„ Durchmesser	57	57 mm
Rauchrohre: Anzahl	222	220 Stück
„ Durchmesser	89	89 mm
Rohrlänge	6553	6401 „
Heizfläche der Feuerbüchse mit Verbrennungskammer u. Wasserrohren (mit Wasserkammern)	42,0	50,0 m²
Heizfläche der Rohre	508,0	477,0 „
„ des Überhitzers	231,0	209,0 „
„ — im Ganzen — H	781,0	736,0 „
Rostfläche R	9,9	10,1 „
Durchmesser der Treibräder	1626	1854 mm
„ „ Laufräder, vorn/hinten	838/1000	838/1016 „
Achsstand der Kuppelachsen	6787	5791,5 „
Ganzer Achsstand der Lokomotive	13868	13411 „
Ganzer Achsstand der Lokomotive einschließlich Tender	29254	23524 „
Reibungsgewicht G_1	160,5	122 t
Dienstgewicht der Lokomotive G	233,5	192 t
Dienstgewicht des Tenders	175,0	128 t
Vorrat an Wasser	81,0	56,5 m³
„ „ Brennstoff	22,0	18,2 t
H:R	79	73
H:G	3,35	3,83 m²/t
$H:G_1$	4,85	6,0 „

(Railw. Age 1928, I. Halbj., Nr. 22 u. 25.) R. D.

Verschiedenes.

Weltkraft-Teilkonferenz über Wasserkraftnutzung in Barcelona 1929.

Die nächste Teiltagung der Weltkraftkonferenz, deren letzte Veranstaltung die Brennstofftagung in London (September/Oktober 1928) war, findet in der Zeit vom 15. bis 23. Mai d. Js. in Barcelona statt. Die Konferenz ist der Gesamtausnutzung der Wasserkräfte gewidmet und wird das umfassende Stoffgebiet in fünf großen Themengruppen behandeln. Ihr Gegenstand sind:

1. die allgemeinen hydrologischen Aufgaben, wie die Untersuchung der Wasserkräfte, die hydrologische Charakteristik der einzelnen Länder, die Veränderung der Wasserstände, die Klassifizierung der Flüsse und die Aufgaben der Kraftausnutzung,

2. die technischen Aufgaben, wie der Entwurf, Bau und Betrieb der für die Wasserkraftnutzung bestimmten Bauten,

3. die wirtschaftlichen und finanziellen Aufgaben, wie die Fragen der Rentabilität, der Verbrauchssteigerung, der verwaltungstechnischen Organisation, der Kraftverwendung in Industrie und Landwirtschaft,

4. die gesetzlichen Aufgaben, wie die Feststellung des Unterschiedes zwischen wasserreichen und wasserarmen Ländern in seinem Einfluß auf die Gesetzgebung, sowie der gesetzlichen Grundlagen für den zwischenstaatlichen Energieaustausch,

5. die Maßnahmen des Wasserschutzes, wie die Sicherung der Ufer, Bauten und Flußbecken, die Verhütung von Überschwemmungen und ihre Bedeutung in technischer, wirtschaftlicher und sozialer Beziehung.

An die Tagung schließen sich in der Zeit vom 23. Mai bis 4. Juni offizielle Besichtigungen in Spanien an. In Anbetracht dessen, daß gleichzeitig mit der Konferenz die Weltausstellung in Barcelona und die Ibero-Amerikanische Ausstellung in Sevilla stattfinden, wird mit einer großen Beteiligung gerechnet. Anmeldungen deutscher Teilnehmer sind baldmöglichst zu richten an das Deutsche Nationale Komitee der Weltkraftkonferenz, Berlin NW 7, Ingenieurhaus, Friedrich Ebertstr. 27.

Die nächsten Veranstaltungen der Weltkonferenz sind die mit einem Weltingenieurkongreß verbundene Teilkonferenz in Tokio (29. Oktober bis 27. November 1929), und die zweite Vollsitzung der Weltkraftkonferenz in Berlin (16. bis 22. Juni 1930) Auch für diese beide Tagungen, ganz besonders aber für die große Vollkonferenz in Berlin, ist das Interesse bereits jetzt außerordentlich groß.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.

Abb. 2 bis 4. Zum Bericht: 1 E 2-h2 Güterzuglokomotive der Chikago, Burlington und Quincy-Bahn und 2D2-h2 Personenzuglokomotive der Atchison, Topeka und Santa Fe-Bahn.

Abb. 1. Zum Bericht: Neue Bauweise amerikanischer Betriebswerkstätten.
Anordnung der Luftheizung.

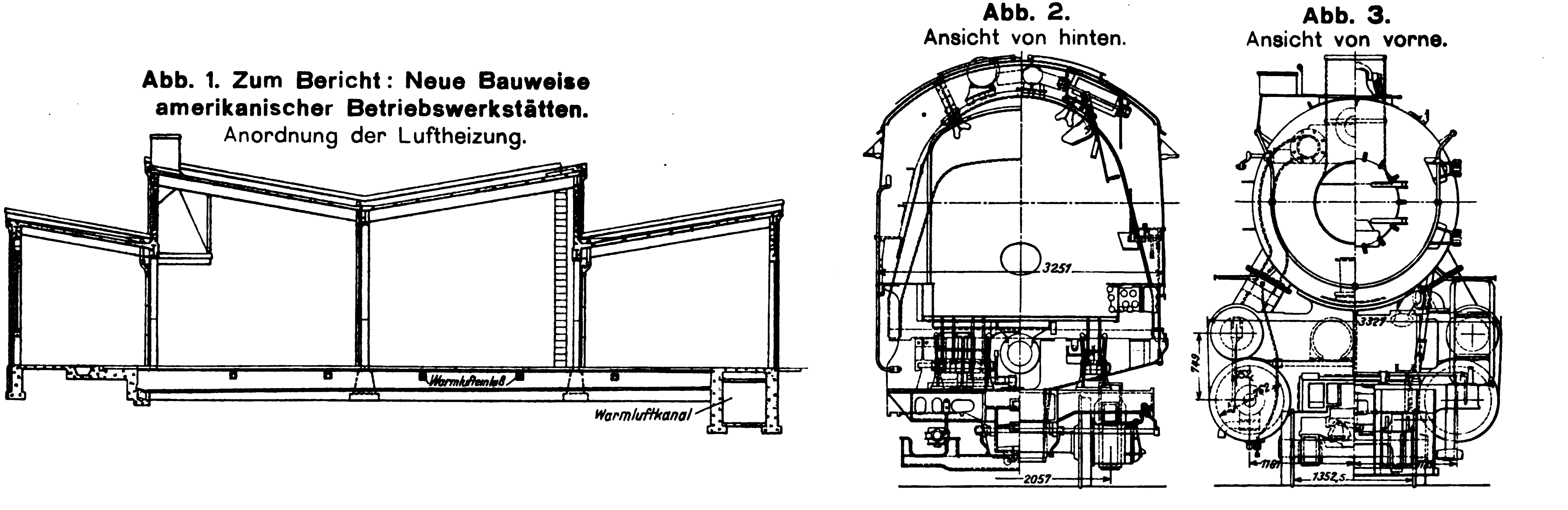


Abb. 2. Ansicht von hinten.

Abb. 3. Ansicht von vorne.

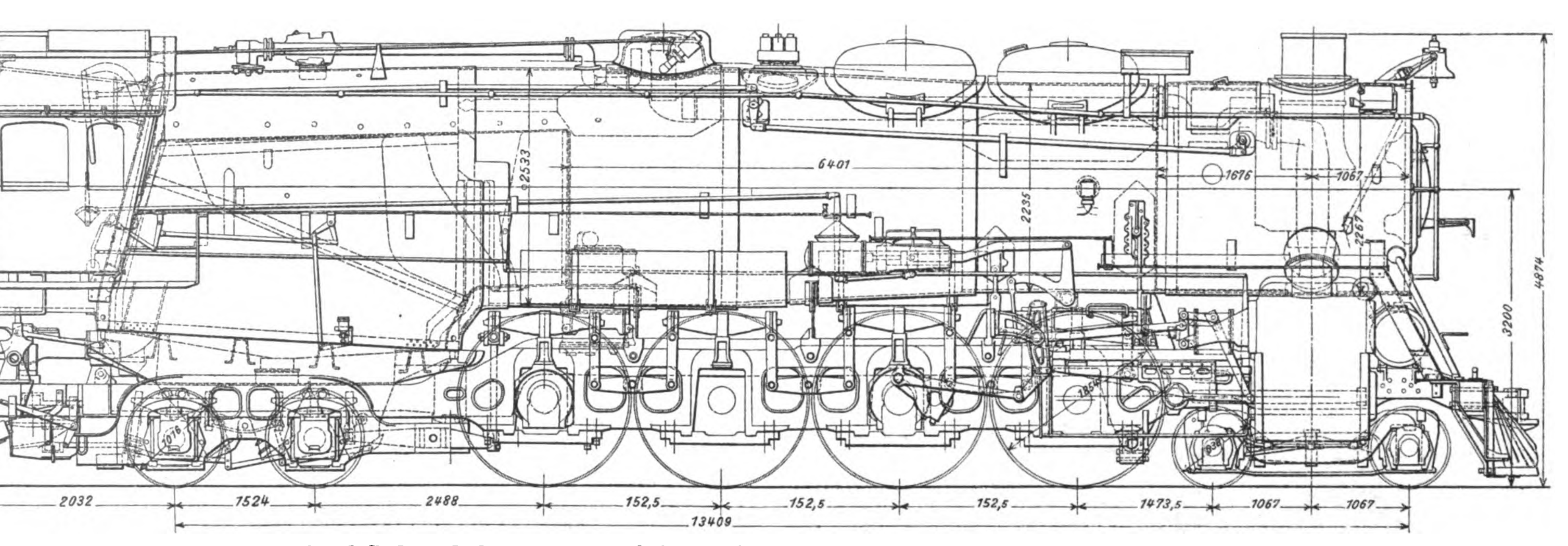


Abb. 4. 2D2-h2 Personenzuglokomotive der Atchison, Topeka und Santa Fe-Bahn.

1929
84. Jahrgang

Heft 7
1. April

ORGAN
FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN
HERAUSGEGEBEN VON Dr. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.



Verschiedenes.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. **H. Uebelacker,** Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. **A. E. Bloss,** Dresden

84. Jahrgang | **1. April 1929** | **Heft 7**

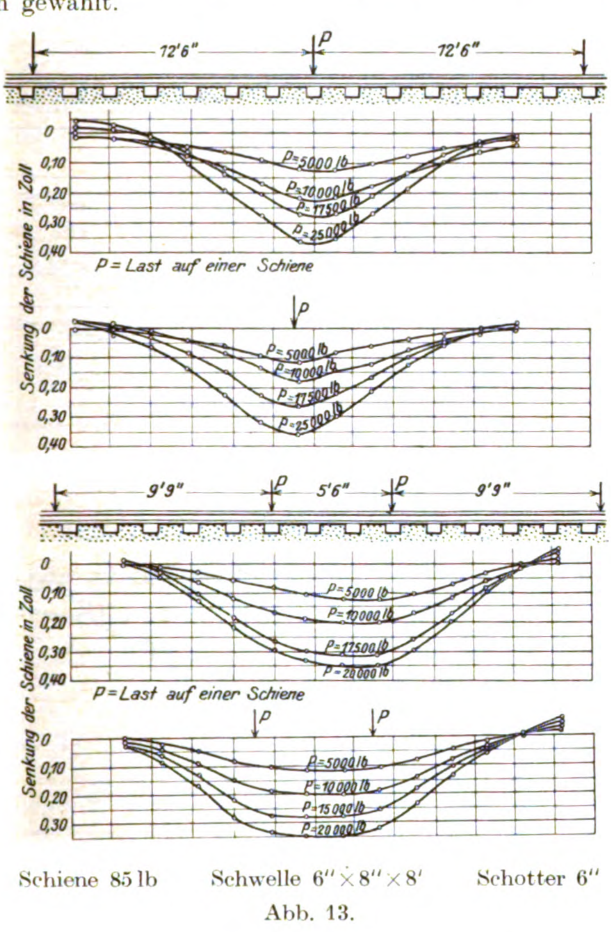
Amerikanische Oberbau-Untersuchungen.

Von Dr. Ing. v. **Gruenewaldt,** Privatdozent an der Technischen Hochschule Karlsruhe.

(Schluß.)

III. Versuchsergebnisse.

Die Zahl der vorgenommenen Messungen ist sehr groß, weit über eine Million. Es werden daher im Originalbericht im allgemeinen nur Mittelwerte angegeben und zwar Mittelwerte aus einer großen Reihe von Versuchen. Nur in wenigen Fällen werden die Ergebnisse von einzelnen Untersuchungen erörtert, was jedesmal besonders vermerkt wird. Bei der Darstellung der Ergebnisse wurde nach Möglichkeit die zeichnerische Form gewählt.



Schiene 85 lb Schwelle 6"×8"×8' Schotter 6"

Abb. 13.

Schiene zeigt. In welchem Verhältnis die Größe der Senkung zur Last steht, hängt von der Art und dem Zustand des Gleises ab. Für ein gut unterhaltenes Gleis ergibt sich, daß die Beziehung zwischen der Belastung und der entsprechenden Senkung nahezu geradlinig ist. Bei einem schlechter unterhaltenen Gleis ruft die erste Belastung eine größere Senkung hervor als eine spätere Vergrößerung der Last. Der Einfluß hiervon auf die Spannungen in der Schiene ist nicht unbedeutend.

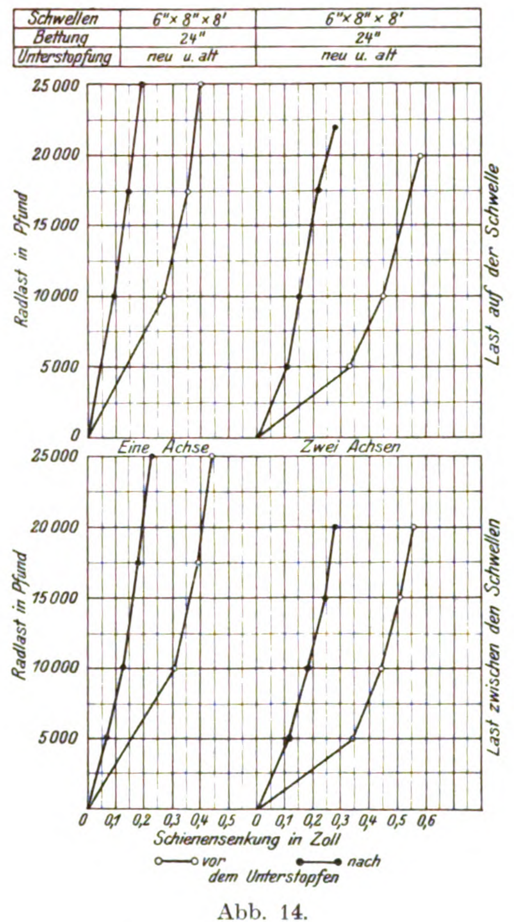


Abb. 14.

1. Senkungen des Gleises unter ruhender Belastung.

Das Gewicht der Räder wird durch die Schienen auf die anliegenden Schwellen verteilt und es entstehen Drücke in den Schwellen, in der Bettung und im Unterbau. Diese Drücke, die durch die genannten Teile des Oberbaues übertragen werden, rufen in ihnen Formänderungen hervor, die zum größten Teil elastisch sind, je nach dem Zustand des Gleises und nach der Art und dem Gewicht der Belastung. Hierbei spielen natürlich vor allem die Steifigkeit der Schienen, die Maße und der Abstand der Schwellen, sowie die Stärke und die Nachgiebigkeit der Bettung eine besonders große Rolle. Die Wirkung der Last auf die einzelnen Teile des Gleises soll vorerst noch nicht untersucht werden, sondern nur die gesamte Formänderung, die sich in der Senkung der

In Abb. 13 sind Senkungsprofile für Belastungen unter ein und zwei Achsen gezeigt und zwar nach Versuchen auf der Illinois Central Railroad. Der Schwellenabstand betrug 22 Zoll = 559 mm von Mitte zu Mitte. Die Last war in der Mitte der Schienenlänge aufgebracht, um den Einfluß der Schienenstöße auszuschalten. Die Messungen wurden am Schienenfuß vorgenommen, die Senkungen zeigen somit die vertikale Bewegung, hervorgerufen durch die Durchbiegung der Schiene und die vertikale Bewegung von Schwelle, Bettung und Unterbau. Die Last wurde sowohl unmittelbar über einer Schwelle angesetzt als auch in der Mitte zwischen zwei Schwellen.

Es ergab sich nur ein kleiner Unterschied in der Senkung, abhängig davon, ob die Last über der Schwelle oder zwischen



zwei Schwellen lag. Im ersten Falle war die Senkung gewöhnlich um ein Geringes größer. Das gilt sowohl für einachsige wie zweiachsige Belastungen. Bei frisch unterstopftem Gleis ist die Senkung wesentlich geringer als bei einem Gleis, das einige Zeit (2—6 Monate) ohne Unsterstopfen im Betrieb gewesen, aber noch in gutem Zustande ist. Unter frisch unterstopftem Gleis wird verstanden: ein Gleis, das nach der Unterstopfung ein bis zwei Wochen befahren worden ist.

Bei frisch unterstopftem Gleis läßt sich die Last-Senkungskurve recht gut durch eine Gerade darstellen, die durch den Koordinatenanfangspunkt geht (s. Abb. 14, linke Linie). Es ist also die Größe der Senkung der Belastung direkt proportional.

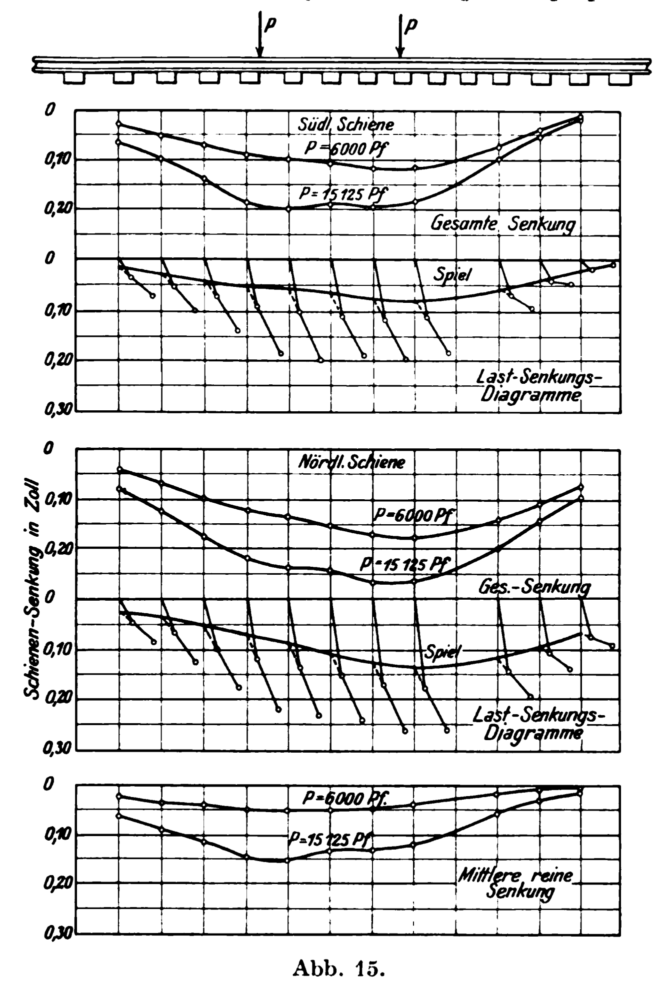


Abb. 15.

Diese Eigenschaft der direkten Proportionalität entspricht einer konstanten Bettungsziffer („Elastizitätsmodulus" der Gleisunterstützung, wie die Amerikaner sagen), worauf später noch eingegangen werden soll.

Bei Gleisen, die längere Zeit nicht unterstopft waren, ruft die Anfangsbelastung eine verhältnismäßig viel stärkere Senkung hervor als eine spätere Vergrößerung der Last. Wie aus Abb. 14 (rechte Linien) ersichtlich, stellt sich das Senkungs-Belastungsdiagramm als eine gebrochene Linie dar, deren oberer Teil, der der höheren Belastung entspricht, dem Diagramm für frisch unterstopftes Gleis nahezu parallel läuft. Bei einem nicht ganz frisch unterstopften Gleis ist also ein gewisses Spiel zwischen Schiene und Schwelle einerseits und Schwelle und Bettung andererseits vorhanden, welches durch eine verhältnismäßig leichte Belastung überwunden wird. (Durchbiegung der Schiene allein).

Als Beispiel sei die Abb. 15 wiedergegeben: in Abb. 15 oben ist die Gesamtsenkung beider Schienen aus einem anderen Versuch dargestellt, darunter die Last-Senkungsdiagramme für verschiedene Punkte und die Spielkurve, endlich die reine Senkung nach Abzug des Spiels, das aus dem Schnittpunkt des oberen Teiles der gebrochenen Linie des Last-Senkungsdiagramms mit der Ordinatenachse bestimmt wurde (bei nur zwei Belastungen ist diese Bestimmung natürlich ungenau).

Die Durchbiegungsprofile und die Last-Du chbiegungsdiagramme zeigen, daß die größte Durchbiegung des Gleises bei einer Belastung mit zwei Achsen größer ist als bei einer Achse mit der gleichen Achslast. Für den bei den Versuchen angewandten Radstand reicht die Wirkung einer Achse in den Bereich der anderen hinein. In Abb. 16 sind kennzeichnende Durchbiegungen von zwei Einzellasten in das Diagramm für

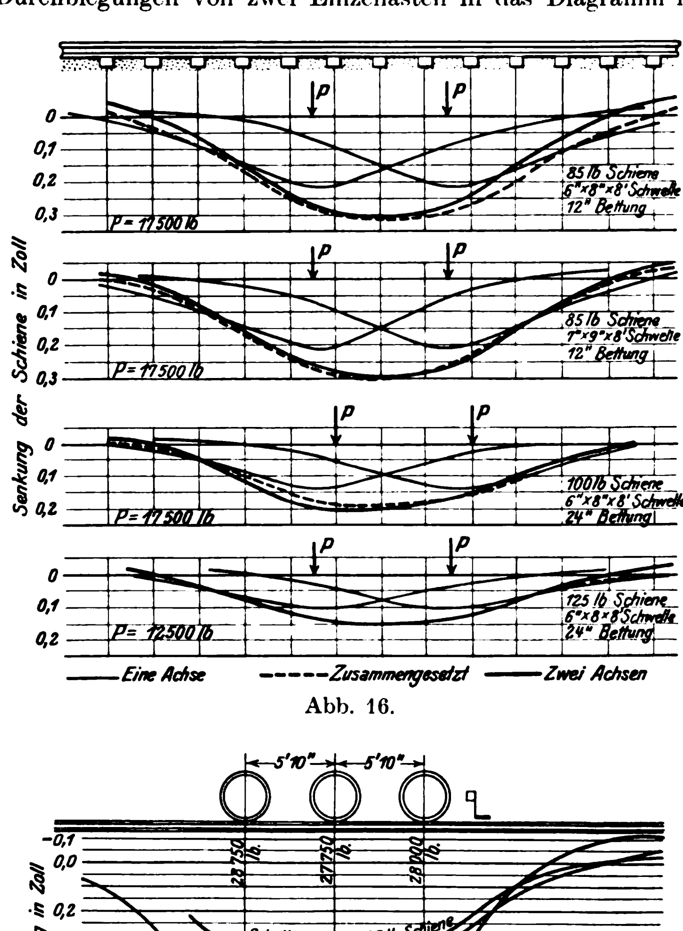


Abb. 16.

Abb. 17.

eine zweiachsige Belastung hineingezeichnet, wobei die von den beiden Lasten herrührenden Durchbiegungen zueinander addiert werden. Wie ersichtlich, stimmt diese gestrichelte Linie recht gut mit der stark ausgezogenen Linie der Durchbiegung durch eine zweiachsige Belastung überein. In der Abb. 17 sind Durchbiegungskurven unter einer Lokomotive dargestellt, welche deutlich den Einfluß von Schiene und Bettung auf die Größe der Durchbiegung zeigen.

2. Spannungen in den Schienen bei ruhender Belastung.

Die in den Abb. 18 bis 21 dargestellten Schienenspannungen sind aus den an der oberen Kante des Schienenfusses gemessenen Spannungen bei ruhender Belastung berechnet worden.

In Abb. 18 sind die Belastungsdiagramme für ein- und zweiachs'ge Belastung (Achsstand 66 Zoll = 1676 mm) nach den Versuchen auf der Illinois Central Railroad dargestellt

und zwar für Last auf der Schwelle und Last zwischen zwei Schwellen. Die Messungen wurden bei den gleichen Versuchen vorgenommen, die zur Bestimmung der Senkung dienten. Die Spannungen in der Schiene sind ebenso wie die Senkung vom Zustand des Gleises abhängig: bei frisch unterstopftem Gleis sind die Spannungen geringer als bei altem Gleis. Dieses gilt sowohl für die Belastung durch eine wie durch zwei Achsen. Ebenso wie die Senkung läßt sich die Spannung bei frisch unterstopftem Gleis (Abb. 19) als geradlinige Funktion der Belastung darstellen, bei altem Gleis als gebrochene Linie, wobei der obere Teil wieder parallel der Linie für das frisch unterstopfte Gleis ist.

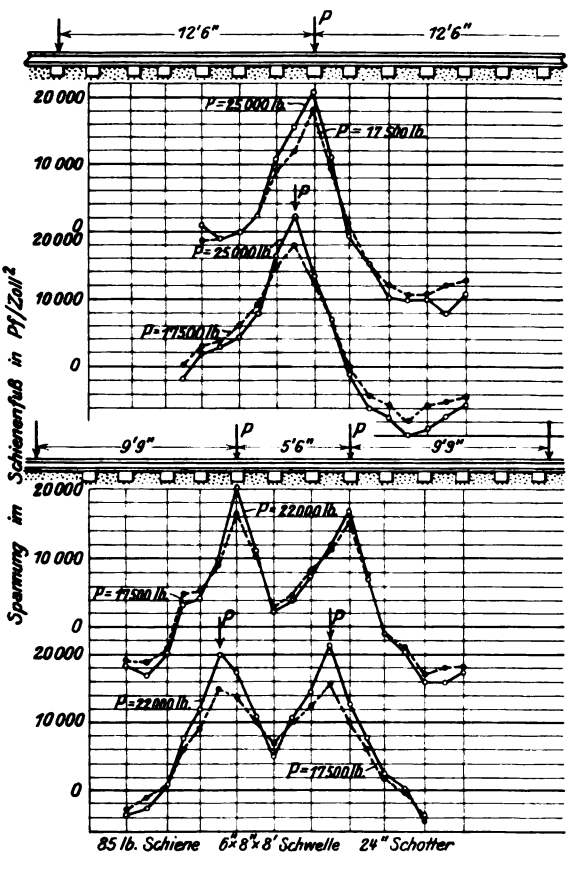


Abb. 18.

Die Spannungsverteilungsdiagramme zeigen deutlich, wie die Spannung sich entsprechend dem Abstand von dem Belastungspunkt verändert und wie die Durchbiegungsmomente ihre Vorzeichen ändern; diese Kurven entsprechen recht gut den analytisch ermittelten. Die verschiedenen Diagramme zeigen, daß für die gleiche Achslast die Spannung in der Schiene für eine Belastung durch zwei Achsen geringer ist als für eine Belastung durch nur eine Achse (s. Abb. 18). Es ist dies erklärlich, da bei dem angewandten Achsstand sich unter der zweiten Last ein negatives Biegemoment infolge der ersten Last bildet, wodurch natürlich die Spannung in diesem Punkt herabgesetzt wird. In Abb. 20 sind die gemessenen und errechneten Werte graphisch dargestellt, wobei noch die Spannungen aus zwei Einzellasten algebraisch summiert werden. Wie ersichtlich, stimmen diese Kurven recht gut miteinander überein. In Abb. 21 sind die Spannungen unter einer Mikado-Lokomotive bei ruhender Belastung gezeigt.

Als Vergleichsmaßstäbe für die verschiedenen Oberbauformen dienen die Bettungsziffer und der „Koeffizient des Biegungsmomentes".

Unter Bettungsziffer wird die Kraft je Längeneinheit der Schiene (Pfund/Zoll) verstanden, die erforderlich ist, um eine Senkung des Gleises um eine Längeneinheit (Zoll) zu bewirken. Diese Kraft ist natürlich abhängig von der Tragfähigkeit der Schiene und von der Art und dem Zustand von Schwellen, Bettung und Unterbau. Je nach dem Zustand des Gleises läßt sich die Bettungsziffer mehr oder weniger genau als konstante Größe für einen bestimmten Gleiszustand ermitteln.

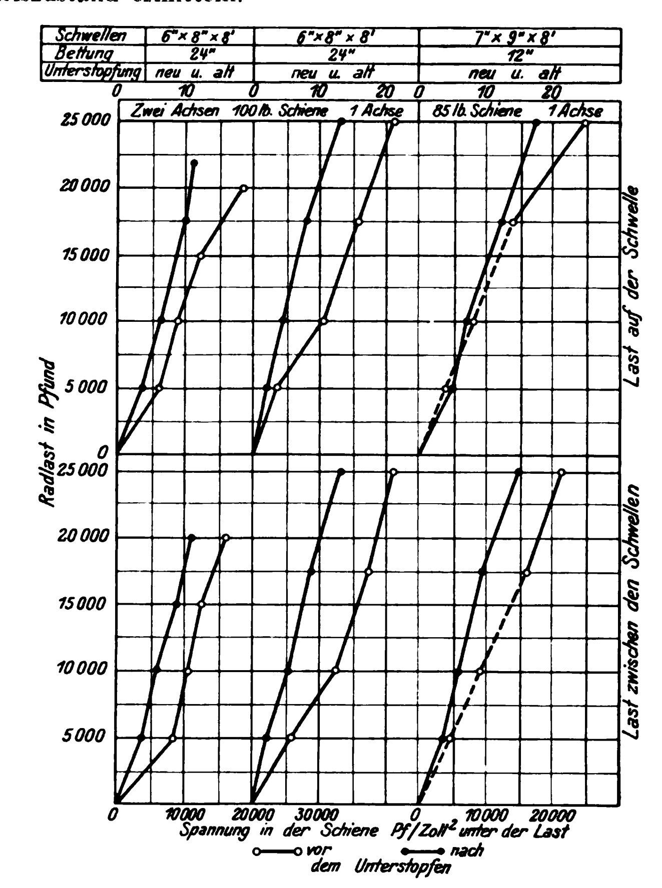


Abb. 19.

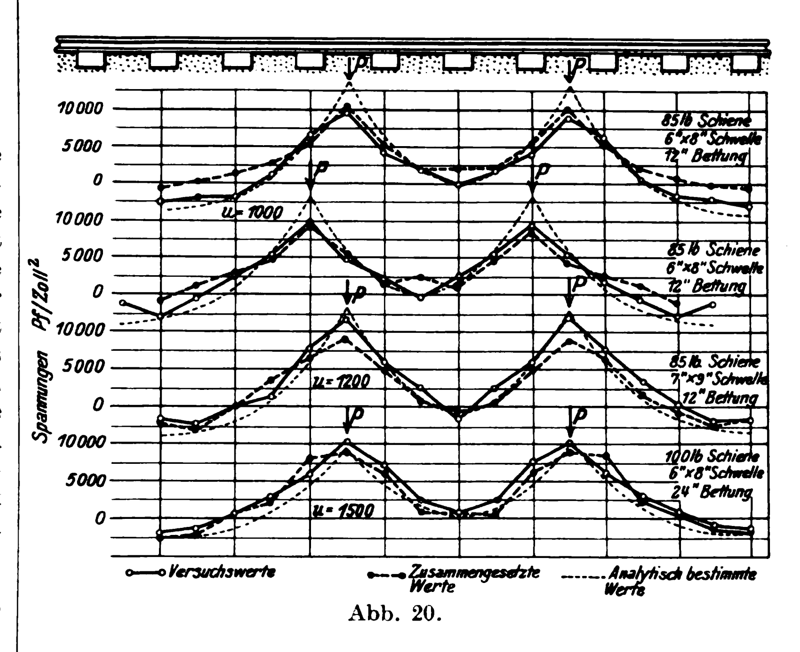


Abb. 20.

Die Beziehung zwischen Durchbiegung und Belastung ist in Abb. 22 dargestellt. Im Falle a) ergibt sich bei frisch unterstopftem Gleise die Bettungsziffer ohne weiteres als Konstante, im Falle b) bei alt unterstopftem desgleichen nach Abzug der durch das Spiel zwischen Schiene und Unterstützung hervor-

gerufenen Senkung; im Falle c) bei Gleis in schlechterem Zustand kann man die unregelmäßig gebrochene Linie angenähert durch eine Gerade ersetzen, um die Bettungsziffer zu bestimmen. Die bei den Versuchen gefundenen Werte für die Bettungsziffer schwanken um 1000 Pfund/Zoll und erreichen bei schwereren Schienen auf starker Bettung den Wert von 1600 bis 2000 Pfund/Zoll*).

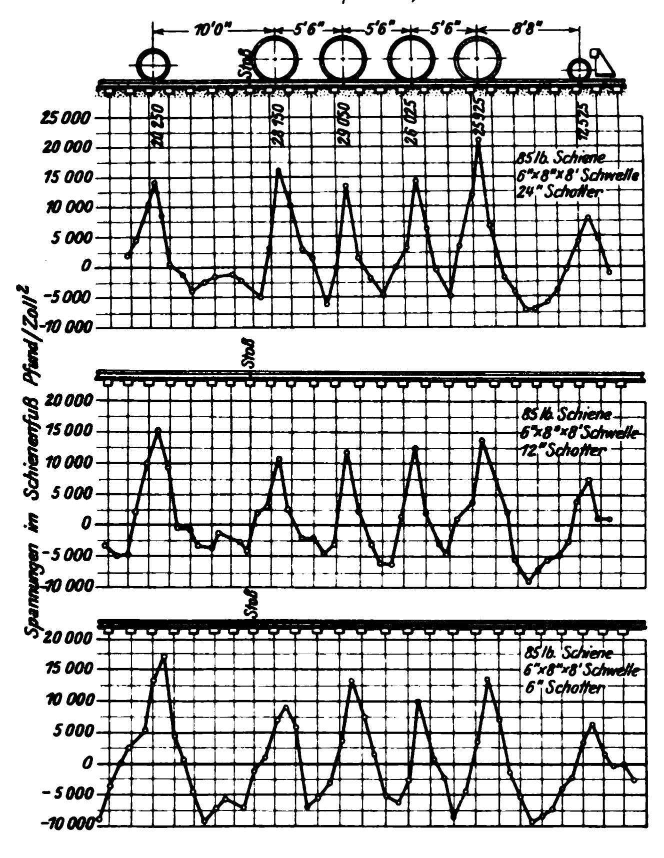


Abb. 21.

Der „Koeffizient des Biegemomentes" ist der Faktor, mit dem die Radlast zu multiplizieren ist, um das Biegemoment, das der durch den Versuch ermittelten Spannung entspricht, zu erhalten. Die Werte für diesen Koeffizienten schwanken in recht weiten Grenzen.

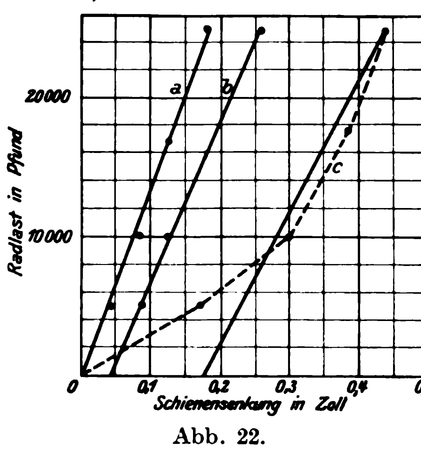
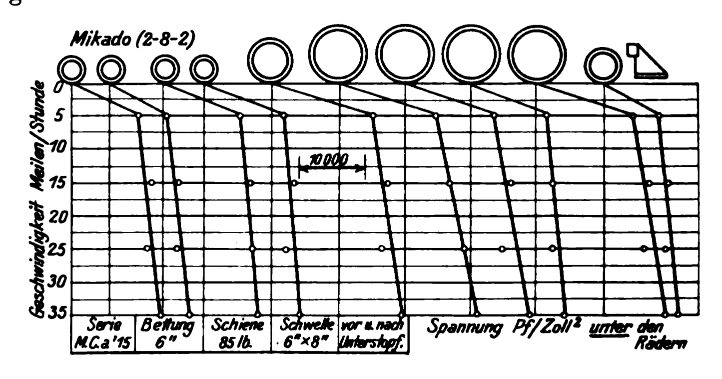


Abb. 22.

Zu den Versuchen unter ruhender Belastung ist noch zu bemerken: Wenn die Belastung mit Einzellast (am Apparat) erfolgt, ist kein großer Unterschied in den Spannungen auf beiden Seiten des Schienenfußes zu bemerken. Für die von Rädern ausgeübten Belastungsdrücke — sowohl ruhend als auch in Bewegung — ergibt sich infolge der Kegelform der Räder bei der in den U.S.A. üblichen senkrechten Lage der Schienen ein merklicher Unterschied in der Spannung der Schienen auf beiden Seiten des Schienenfußes — es findet eine seitliche Verbiegung statt.

3. Spannungen in der Schiene bei bewegter Last.

Die Spannung in den Schienen bei bewegter Last wurde jeweils an beiden Seiten des Schienenfußes gemessen und aus dem Mittelwert beider Ablesungen die Spannung in der äußersten Faser errechnet. Bei bewegter Last ist der Unterschied in der Spannung an Außen- und Innenkante der Schiene wesentlich größer als bei ruhender Last: unter dem Rade kann die Außenkante bis zu zwei oder gar dreimal stärker beansprucht sein als die Innenkante. Zwischen den Rädern ist die Spannung meist an der Innenkante der Schiene größer als an der Außenkante, wenn auch in geringerem Maße. Entsprechend diesen Spannungen lassen sich auch horizontale Verbiegungen der Schiene feststellen, die allerdings nicht groß sind; 0,25 bis 0,75 mm sind bei der 85 Pfund/Fuß Schiene gefunden worden.



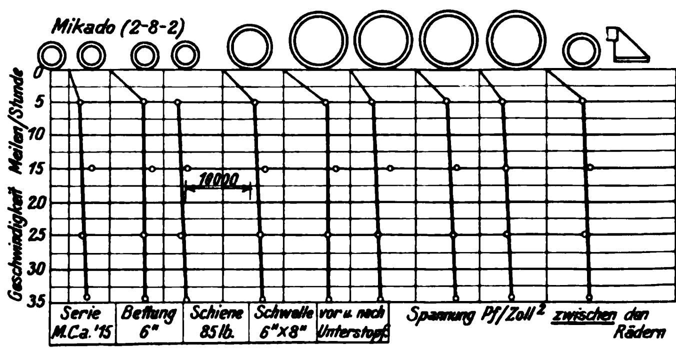


Abb. 23.

Die Erhöhung der Gesamtspannung durch die Horizontalkräfte beträgt in der Mitte des Schienenfußes im geraden Gleise nur selten über 8%.

Diese Seitenkräfte werden durch seitliche Bewegung der Fahrzeuge wie Schlingern, Schwanken usw. hervorgerufen, vor allem an der Lokomotive. Durch Neigung der Schienen nach innen (in Amerika die senkrechte Stellung der Schiene üblich) wird die Wirkung der Seitenkräfte verringert, aber keineswegs gänzlich aufgehoben.

In Abb. 23 sind die Ergebnisse einer Reihe von Messungen aufgetragen, wobei die Lokomotive und das Gleis dem in Abb. 21 unten für statische Belastung dargestellten entsprechen. Wie aus Abb. 23 ersichtlich, ist die Spannung bei bewegter Last größer als bei ruhender und nimmt annähernd geradlinig entsprechend der Geschwindigkeit zu (die schwach ausgezogene Linie von V = 0 bis V = 5 Meilen soll keine Spannung darstellen, sondern nur auf die Ordinatenachse hinweisen, von der aus die Spannungen abgelesen werden): bei 5 Meilen/Stunde ist die Spannung in der Schiene etwa die

*) Wegen der Verschiedenheit des amerikanischen Oberbaues und der amerikanischen Maschinen von den deutschen wird davon abgesehen, die amerikanischen Maße in Metermaße umzurechnen, da zahlenmäßige Schlüsse auf deutsche Verhältnisse doch nicht möglich wären.



gleiche wie bei ruhender Belastung. Die Einheit der horizontalen Teilung entspricht einer Spannung von 1000 Pfund/Zoll².

Es sei hier noch bemerkt, daß die bei einer großen Reihe von Versuchen gefundenen Werte z. T. stark von den Mittelwerten abweichen. Für einzelne Räder sind sogar bei zunehmender Geschwindigkeit abnehmende Spannungen (und zwar für alle Geschwindigkeiten) festgestellt worden. Die Ursachen für diese Unregelmäßigkeiten sind nicht geklärt, sie mögen durch die Lage des Gegengewichtes, den Zustand von Lokomotive und Gleis oder auch durch Beobachtungsfehler bedingt sein. Im Mittel beträgt die Zunahme der Spannung infolge der Vergrößerung der Geschwindigkeit bei Dampflokomotiven 0,3 bis 1,2% je Meile Geschwindigkeitserhöhung über 5 Meilen/Stunde, doch kommen oft auch sehr viel größere Werte vor.

Wie schon erwähnt, wurde beim Befahren der Probestrecken der Dampf, bei elektrischen Lokomotiven z. T. der Strom abgestellt. (Bei späteren Versuchen mit elektrischen Lokomotiven wurde sowohl stromlos, als auch mit Strom und mit Stromrückgewinnung — Nutzbremsung — gefahren; es ergaben sich hierbei keine merklichen Unterschiede in der Beanspruchung des Gleises.)

Bei den ersten Versuchen mit Dampflokomotiven wurde nur der Gesamteinfluß der Geschwindigkeitserhöhung auf die Erhöhung der Schienenbeanspruchung untersucht, ohne auf Einzelheiten einzugehen; hierbei wurde so gefahren, daß das Gegengewicht des vordersten Triebrades den mittleren Stremmatographen in Tiefstlage passierte; auf diese Weise war die Wirkung der Gegengewichte der verschiedenen Räder an den verschiedenen Stremmatographen verschieden, so daß angenommen werden konnte, daß die Mittelwerte aus den Ablesungen tatsächlich den Mittelwerten für eine ganze Radumdrehung entsprechen.

Es ist aber klar, daß ein unausgeglichenes Gewicht eines sich drehenden Teils (z. B. zu großes oder zu kleines Gegengewicht) bedeutende Zusatzspannungen im Gleis hervorruft, die einen wesentlichen Teil der Spannungserhöhung infolge von Geschwindigkeitserhöhung ausmachen.

Diese Zusatzbeanspruchung beträgt je nach Lage des unausgeglichenen rotierenden Gewichts

$$K = \frac{G\,v^2}{g\,r} \sin \alpha, \qquad (7)$$

wo G das Gewicht der unausgeglichenen Massen, r die Entfernung des Schwerpunktes dieser Massen vom Drehpunkt, α der Winkel zwischen r und der Horizontalen, v die Geschwindigkeit und g die Fallbeschleunigung.

Bei den weiteren Versuchen war man bemüht, den Einfluß der unausgeglichenen Massen getrennt zu ermitteln. Zu diesem Zweck wurde der Abstand der Stremmatographen so gewählt (rund ein Triebraddurchmesser), daß es möglich war, die Spannungen bei bestimmten Lagen der unausgeglichenen Massen festzustellen.

In Abb. 24 sind die Mittelwerte aus einer Reihe von Versuchen für das Haupttriebrad einer Dampflokomotive graphisch dargestellt. Wie ersichtlich, macht sich die Wirkung der unausgeglichenen Massen mit zunehmender Geschwindigkeit immer stärker geltend (bei 5 Meilen/Stunde ist sie nicht feststellbar). In diesem Beispiel ist die Beanspruchung der Schiene durch den Druck dieses Triebrades bei 5 Meilen/Stunde (ebenso auch im Stillstande) rund 11000 Pfund/Zoll², der Höchstwert bei 50 Meilen/Stunde 45000 Pfund/Zoll², der Mindestwert 14000 Pfund/Zoll², die mittlere Spannung 26000 Pfund/Zoll² (mittlere Ordinate der Kurve). Diese mittlere Spannung kann als die Spannung bei 50 Meilen/Stunde angesehen werden, bei der der Einfluß der unausgeglichenen Massen ausgeschaltet ist. Es ergibt sich ein Zusatz zur Spannung bei ruhender Belastung von rund 135% infolge der Geschwindigkeitszunahme unter Ausschaltung des Einflusses der unausgeglichenen Massen. Durch die Wirkung dieser Massen steigt die Zusatzspannung auf rund 320%!

Diese Werte der Spannungserhöhung sind für verschiedene Lokomotiven natürlich sehr verschieden, z. T. stimmen sie gut mit den rechnerisch ermittelten (gestrichelte Linie in Abb. 24) überein, z. T. weniger gut, was auf verschiedene Umstände zurückzuführen ist: der Schwerpunkt der unausgeglichenen Massen liegt nicht in einer Vertikalebene mit dem Berührungspunkt von Rad und Schiene; die Gegengewichte sind an den zwei Triebrädern einer Achse verschränkt angebracht; endlich ist es auch nicht immer möglich, die Größe der unausgeglichenen Massen genau zu bestimmen.

Wie aus allen Versuchen hervorgeht, ist der Einfluß der unausgeglichenen Massen auf die Beanspruchung des Oberbaues recht bedeutend*). Der Anstieg der Spannungs-Geschwindigkeitskurve ist stärker als gradlinig.

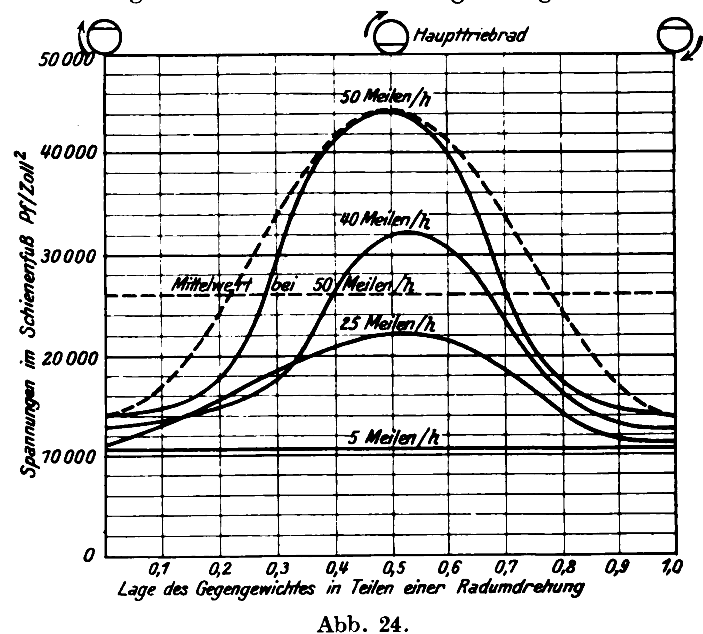


Abb. 24.

Der große Einfluß der unausgeglichenen Massen zeigt sich auch dadurch, daß bei elektrischen Lokomotiven, die keine unausgeglichenen Massen haben, die Zusatzspannungen infolge von Geschwindigkeitserhöhungen sehr viel kleiner sind als bei Dampflokomotiven. Sie sind auch kleiner als die entsprechenden Spannungen bei Dampflokomotiven nach Ausschaltung des Einflusses der unausgeglichenen Massen, was auf eine bessere Verteilung des Gewichts durch die Federn und Ausgleichhebel und dadurch bedingten ruhigeren Lauf zurückzuführen ist. (Bei einer Reihe von elektrischen Personen-

*) Anmerkung der Schriftleitung. Für deutsche Verhältnisse ist ein so starker Einfluß des Massenausgleiches nicht wahrscheinlich, da die Veränderung des Raddruckes durch die Fliehgewichte bestimmungsgemäß in den Grenzen von ± 15 v. H. gehalten werden muß. Auch das Wachsen der Biegebeanspruchungen mit der Fahrgeschwindigkeit übersteigt das Maß, das für deutsche Verhältnisse nach den bisher, besonders von Dr. Saller, entwickelten dynamischen Berechnungen, sowie nach Anschauung und Gefühl erwartet werden darf. Es scheint, daß sich die amerikanischen Messungen auf gut und schlecht liegende Gleise beziehen, so daß die Bildung eines einfachen Mittelwertes bei so abweichenden Grundbedingungen nicht empfehlenswert ist. Schließlich lassen Zeigerinstrumente stets dem Verdachte Raum, daß die Schleuderbewegungen der Zeiger bei größeren Geschwindigkeiten übermäßig ungünstige Verhältnisse vortäuschen. Der aus den amerikanischen Versuchen als Mittel errechnete Zuschlag für den Einfluß bewegter Lasten ist sicher zu hoch: „schon die Tatsache, daß bereits im Jahre 1903 bei den Schnellfahrversuchen Marienfelde—Zossen auf verhältnismäßig schwachen Gleisen eine Fahrgeschwindigkeit von 210 km/Std. möglich war, steht in beinahe unlösbarem Widerspruch dazu."

zuglokomotiven betrug die Zunahme der Spannung infolge Steigerung der Geschwindigkeit von 5 auf 60 Meilen/Stunde nur 12%).

Bei den Versuchen zeigte sich auch, daß die Beanspruchung des Gleises zu beiden Seiten der Lokomotive ungleich war. Gründe hierfür werden nicht angegeben, doch werden sie wohl in einem gewissen Mangel an Symmetrie in den Lokomotiven und in mangelhaftem Arbeiten der Ausgleichhebel und Federn zu suchen sein.

Es wird darauf hingewiesen, daß es günstig ist, die Gegengewichte an den verschiedenen Triebrädern möglichst gleich groß zu machen, da andernfalls die Zusatzspannungen sich in unangenehmer Weise summieren können.

4. Spannungen im gekrümmten Gleis.

Im geraden Gleis verteilt sich die Achslast gleichmäßig auf beide Räder (bei der Fahrt trifft das nicht ganz genau zu). Anders liegen die Verhältnisse bei gekrümmtem Gleis: es sei

S_a = die Belastung der äußeren Schiene unter einem Rade senkrecht zur Gleisebene
S_i = die Belastung der inneren Schiene unter einem Rade senkrecht zur Gleisebene
A = die Achslast
h = die Höhe des Schwerpunkts der Achslast über Schienenoberkante
s = die Spurweite
e = die Überhöhung
R = der Krümmungshalbmesser
v = die Fahrgeschwindigkeit (in m/Sek. oder Fuß/Zoll)
g = die Fallbeschleunigung
$\left.\begin{matrix} H_a \\ H_i \end{matrix}\right\}$ = die auf die Schienen wirkenden Seitenkräfte.

Dann ist bei einer radial gestellten Achse infolge der Neigung des Fahrzeuges und der Zentrifugalkraft:

$$8) \quad S_a = \frac{A}{2}\left[\left(1 - \frac{2\,e\,h}{s^2}\right) + \frac{2\,v^2}{g\,R\,s}\left(h + \frac{e}{2}\right)\right]$$

$$9) \quad S_i = \frac{A}{2}\left[\left(1 + \frac{2\,e\,h}{s^2}\right) - \frac{2\,v^2}{g\,R\,s}\left(h - \frac{e}{2}\right)\right]$$

und

$$10) \quad H_a + H_i = A\left(\frac{v^2}{g\,R} - \frac{e}{s}\right).$$

Nur bei einer Geschwindigkeit $v = \sqrt{\frac{g\,R\,e}{s}}$ wird $S_a = S_i$ und $H_a + H_i = 0$, bei allen anderen Geschwindigkeiten sind S_a und S_i ungleich.

Außer der Neigung des Fahrzeugs infolge der Überhöhung des Gleises und der Zentrifugalkraft wirken noch verschiedene andere Umstände darauf ein, die Last auf die beiden Schienen anders zu verteilen als im geraden Strang und auch seitliche Beanspruchungen der Schienen hervorzurufen. Vor allem ist es die Steifigkeit des Lokomotivrahmens, die dazu führt, daß bedeutende Seitenkräfte im Gleis entstehen können. Ferner kann ein ungleichmäßiges Arbeiten der Federn und Ausgleichhebel ungleichmäßige Lastverteilung bewirken. Dann kann noch das bei starren Achsen in Kurven unvermeidliche Gleiten einiger Räder in Betracht kommen, obgleich dieser Einfluß nicht von Bedeutung ist. In scharfen Kurven endlich zeigen Fahrzeuge mit langem Radstand das Bestreben, das Gleis auseinander zu spreizen, wodurch Torsionsspannungen in der Schiene entstehen.

Durch eine Reihe von Versuchen, die am gekrümmten Gleis in gleicher Weise wie beim geraden vorgenommen wurden, sollte Klarheit in diesen Fragen gewonnen werden.

Es erwies sich, daß bei einigen Lokomotiven die aus den gemessenen Spannungen errechneten Radlasten recht gut den vorstehenden Gleichungen entsprachen, bei anderen Lokomotiven war dies in viel geringerem Maße der Fall.

Die Summe der errechneten Radlasten entsprach im allgemeinen genau dem Gewicht der Lokomotive (ein Beweis dafür, daß die Messungen genau waren), die Verteilung dieses Gewichtes war aber sehr ungleichmäßig — augenscheinlich arbeiten die Federn und Ausgleichhebel im gekrümmten Gleis anders als im geraden.

Die seitlichen Beanspruchungen sind z. T. sehr groß: die Zusatzspannung infolge der seitlichen Beanspruchung beträgt vielfach 40 bis 100% der Spannung infolge senkrechter Belastung. In scharfen Kurven (rund 175 m Halbmesser) sind unter einzelnen Rädern vielfach Gesamtspannungen bis zu 3600 kg/cm² und darüber, sogar bis zu 5000 kg/cm² gemessen worden.

Die seitlichen Kräfte werden nicht nur durch den Spurkranz, sondern vor allem auch durch Reibung zwischen Radkranz und Schiene auf diese übertragen.

In Kurven sind vielfach Verengerungen und Verbreiterungen der Spurweite unter der Last gefunden worden und zwar sind Abweichungen der Schiene nach außen aus ihrer Ursprungslage bis zu 18 mm gemessen worden (die Verengerungen zeigten geringere Werte).

Auch Ausbiegungen aus der Vertikalebene der Schiene konnten in der Kurve festgestellt werden. Das Maß war allerdings nicht groß; es betrug bis 0,4 mm, am Kopf der Schiene gemessen.

Der Einfluß der unausgeglichenen Massen auf die Beanspruchung der Schienen läßt sich wegen der viel verwickelteren Verhältnisse im gekrümmten Gleis nicht so klar ermitteln; die Streuung der einzelnen Versuchswerte war sehr viel größer.

5. Die Beanspruchung der Schwellen durch ruhende Belastung.

In Anbetracht der sehr wichtigen und vielseitigen Aufgaben, die die Schwelle*) im Gleis zu erfüllen hat, sind auch einige Versuche unternommen worden, um Klarheit über ihr Arbeiten zu gewinnen.

Die Messung des durch die Schwellen unmittelbar auf die Bettung übertragenen Drucks durch Meßdosen wäre nicht gut durchführbar gewesen, da durch das Einbringen der Meßdosen die Bettung zu sehr gestört worden wäre und kein normaler Betriebszustand mehr vorhanden gewesen wäre. Eine Messung der Spannungen in der Schwelle selbst hätte wegen der ungleichmäßigen Festigkeitseigenschaften des Holzes nur sehr unsichere Ergebnisse gezeitigt.

Man entschloß sich daher dazu, die Durchbiegungskurve der Schwelle aufzunehmen — die hierzu verwendete Meßeinrichtung ist aus Abb. 25 ersichtlich und bedarf keiner weiteren Erklärung. Zum Einbringen des die Meßuhren tragenden Balkens brauchte nur eine obere Bettungsschicht zwischen zwei Schwellen in einer Tiefe von 4 bis 5 Zoll entfernt zu werden, was kaum einen Einfluß auf die Beanspruchung der Schwelle und der Bettung unter ihr ausüben kann.

Die Belastung der Schwelle erfolgte durch beladene und unbeladene Güterwagen. In Abb. 26 sind die Biegelinien einiger Schwellen unter einer Belastung von etwa 15000 Pfund (6800 kg) dargestellt. Die größte Durchbiegung der Schwelle beträgt hier rund 0,4 Zoll. Die Abmessungen der Schwelle waren 6″ × 8″ × 8′). An anderen Schwellen betrug die Durchbiegung bis zu 0,5 Zoll. Die gestrichelte Linie stellt angenähert die Oberfläche der Bettung unter der unbelasteten Schwelle dar.

Wie aus der Abbildung ersichtlich, verändert ein leichtes Unterstopfen der Schwellenenden die Biegelinie vollkommen.

*) In den U. S. A. werden fast ausschließlich hölzerne Schwellen mit rechteckigem Querschnitt verwendet.



Naturgemäß liegt die Schwelle in sehr verschiedener Weise auf der Bettung auf; man kann aber zwei Lagen als besonders charakteristisch ansehen und zwar Auflagerung in der Mitte der Schwelle und Auflagerung an den Enden. Der erste Fall ist bei den Versuchen viel häufiger festgestellt worden.

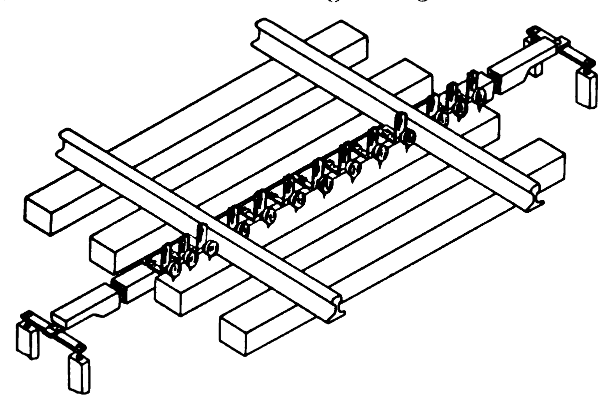


Abb. 25. Vorrichtung zum Messen der Schwellendurchbiegung.

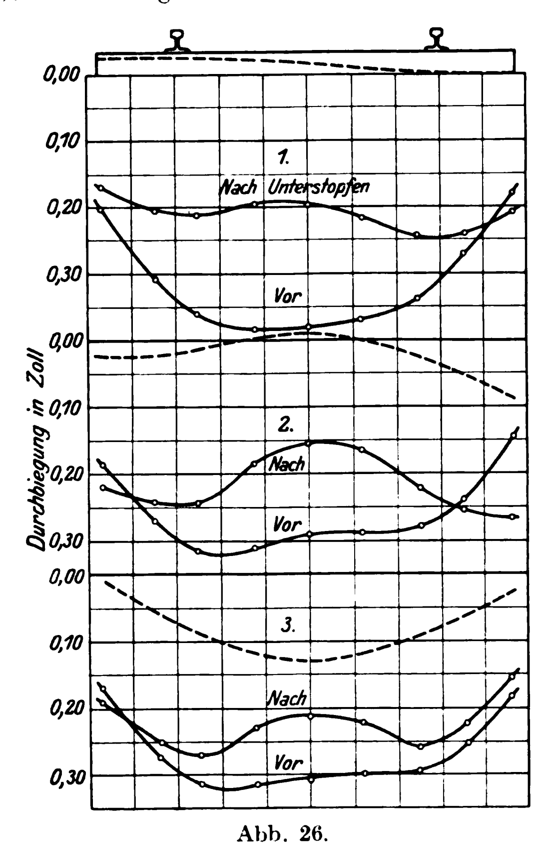


Abb. 26.

Bei der Beurteilung der Biegelinien ist auch zu beachten, daß unter den Schienen eine örtliche Eindrückung der Schwelle eintritt.

Es ist klar, daß die Schwankungen der Biegelinie um so größer sein werden, je biegsamer die Schwelle und je starrer die Bettung ist (die nicht gleichmäßig unter der Schwelle liegt).

6. Übertragung des Drucks durch die Bettung.

Im Laboratorium der Universität Illinois sind Versuche zur Feststellung der Übertragung von ruhendem Druck durch die Bettung vorgenommen worden. Auf die Versuchsanordnung, die nichts Bemerkenswertes bietet, soll nicht weiter eingegangen werden; es sei nur erwähnt, daß zur Messung des Druckes die auf Seite 90 in Heft 6 beschriebenen Meßdosen dienten.

Es wurde gefunden, daß sowohl bei Sand- wie bei Schotterbettung die horizontale Verteilung des Drucks sich gut nach Gleichung

$$11) \; . \; . \; p = p_a \cdot \frac{K\, e^{-K^2 x^2}}{\sqrt{\pi}} \quad \text{(Gausssche Fehlergleichung)}$$

bestimmen läßt, wo p_a der Druck unmittelbar unter der Schwelle ist, x der Abstand von der Mittellinie und K ein Koeffizient, der von der Art des Bettungsstoffes und von der Stärke der Bettung abhängt und durch Versuche zu bestimmen ist (die Abhängigkeit K von h ist gleichfalls eine transzendente Funktion).

Es wurde festgestellt, daß der Druck in der Bettung gleichmäßig wird bei einer Bettungstiefe gleich dem Schwellenabstand oder etwas mehr; bei dieser Bettungstiefe kann also mit einem einheitlichen Druck auf die Unterlage gerechnet werden.

Zum Schluß mag noch erwähnt werden, daß versucht worden ist, den Ort und die Stärke der Berührung zwischen Rad und Schiene dadurch zu ermitteln, daß senkrecht über die Schiene gelegte Kupferdrähte überfahren wurden; hierbei wurde durch besondere Marken die Lage des Drahts gegen die Schiene festgelegt; aus der Lage und Größe der Deformation werden Schlüsse gezogen, die natürlich zahlenmäßig nicht auszuwerten sind, da die Deformation des Drahtes schon beginnt, wenn der Abstand des Rades von der Schiene gleich dem Drahtdurchmesser wird.

IV. Zusammenfassung.

Was ist nun das Ergebnis dieser mit einem sehr großen Aufwand an Zeit, Mühe und Geld durchgeführten Versuche?

Zunächst ist eine Reihe von einfachen, aber brauchbaren Instrumenten zur Messung und Beobachtung des Verhaltens des Oberbaues unter ruhender und bewegter Belastung konstruiert worden.

Es hat sich gezeigt, daß die Durchbiegungen und Spannungen der Schiene unter ruhender Last gut den analytisch ermittelten Werten entsprechen; dieses trifft sowohl für das gerade wie für das gekrümmte Gleis zu.

Bei bewegter Last ist die Beanspruchung der Schiene größer als bei ruhender und zwar erfolgt die Zunahme nach einer nach unten etwas konvexen Kurve. Diese Zunahme ist in sehr hohem Maße abhängig von der Bauart der Fahrzeuge, vor allem der Lokomotiven. — Ungleichmäßige Lastverteilung durch die Federn und Ausgleichhebel, besonders aber die Wirkung unausgeglichener rotierender Massen kann zu sehr starken Erhöhungen der Beanspruchungen führen. Es sind bei Dampflokomotiven im geraden Gleis Spannungen unter bewegter Last gemessen worden, die mehr als das Vierfache der Spannung unter der gleichen ruhenden Belastung betragen (im Mittel bei größerer Geschwindigkeit etwa das Doppelte, bei elektrischen Lokomotiven weniger).

Durch die spreizende Wirkung der kegelförmigen Räder und durch die seitlichen Schwankungen der Fahrzeuge, bedingt durch mangelhaften Zustand des Gleises und unzweckmäßige Konstruktion der Fahrzeuge, werden seitliche Biegungsmomente erzeugt, die eine bedeutende Größe erreichen können; die Kräfte werden hierbei in der Hauptsache durch Reibung übertragen, seltener unmittelbar durch den Radflansch. Übergangsbögen bewirken einen ruhigeren Lauf des Fahrzeugs in der Kurve. Im gekrümmten Gleis sind Gesamtspannungen in der Schiene von mehr als 5000 kg/cm² gemessen worden. Bei nach innen geneigten Schienen ist die seitliche Beanspruchung der Schienen geringer als bei senkrechten, immerhin aber noch deutlich merkbar.

Es ist also beim Bau der Eisenbahnfahrzeuge — vor allem der Lokomotiven — darauf zu achten, daß sie ruhig und möglichst ohne seitliche Schwankungen laufen, daß die Lasten bei jeder Geschwindigkeit in der Geraden wie in der Kurve gut ausgeglichen sind, daß möglichst keine unausgeglichenen

rotierenden Maßen vorhanden sind. Endlich ist bei den üblichen Raddurchmessern ein kurzer Radstand günstig. Die Berücksichtigung dieser Einflüsse ist um so nötiger, als eine starke Beanspruchung des Gleises durch das Fahrzeug selbstverständlich auch einer starken Beanspruchung des Fahrzeugs selbst entspricht.

Beim Gleise ist guter Unterhaltungszustand selbstverständliche Voraussetzung. Die Spannungen und Durchbiegungen in der Schiene werden um so geringer sein, je starrer und schwerer Schiene und Schwelle sind; dagegen darf die Bettung nicht zu starr und unelastisch sein. Damit sich der Druck durch die Bettung gleichmäßig auf den Untergrund überträgt, muß die Bettungstiefe gleich dem Schwellenabstand sein oder noch größer.

Um immer mehr Klarheit über das Verhalten des Oberbaues und der Wechselwirkungen zwischen Gleis und Fahrzeug zu erhalten, ist es dringend zu wünschen, daß derartige Versuche auch bei uns in großem Umfang durchgeführt und Mittel dafür zur Verfügung gestellt werden, da die Verhältnisse in vielen doch anders liegen als in den Vereinigten Staaten und manche Ergänzungen und Vervollständigungen der dort gewonnenen Ergebnisse notwendig erscheinen.

Englische Versuche mit verschleißfesten Schienen aus Chromstahl. Deutsche Fertigungsziele.

Von Reichsbahnoberrat **Füchsel.**

Das britische Iron and Steel Institute, das etwa gleiche Bedeutung und Wertigkeit wie der Verein deutscher Eisenhüttenleute besitzt, hat im Mai 1928 einen Bericht der Herren Thomas Swinden und P. H. Johnson entgegengenommen, der ein bemerkenswertes Zeichen dafür ist, daß die englischen Eisenbahngesellschaften mit dem Schienenwerkstoff, wie er in den British Standard Specifications genormt ist, noch nicht restlos zufrieden sind, und daß die englische Stahlindustrie bemüht ist, den gesteigerten Ansprüchen gerecht zu werden. Der im ,,Engineering" vom 18. Mai 1928 veröffentlichte Bericht ist auch darum beachtenswert, weil er eine Übersicht gibt über die verschiedenen Wege der englischen Stahlwerke, das Schienenproblem gegenüber den heutigen Betriebsansprüchen zu meistern, und zu einer vergleichenden Betrachtung der deutschen Auffassung herausfordert. Die britischen Verfasser bestätigen hierbei die uns bekannte Tatsache, daß die englischen wissenschaftlichen Forschungsstellen für die Werkstoffprüfung noch kein Prüfverfahren entwickelt haben, nach dem der Abnutzungswiderstand eindeutig gemessen werden könnte. Der Bericht stützt sich bei der Beurteilung der Wertigkeit der untersuchten Schienenstahlsorten hinsichtlich Verschleißwiderstand auf die Angaben einer der vier großen britischen Eisenbahngesellschaften, der Midland and Scottish Railway, über ihre in mehrjährigem Betriebe angestellten Beobachtungen und gewonnenen Erfahrungen. Diesen Werturteilen der Praxis werden die zugehörigen Angaben über die chemische Zusammensetzung und etwaige Wärmebehandlung, über die im Festigkeitslaboratorium ermittelten mechanischen Gütewerte des Zug- und Schlagversuchs und des Gefügebefunds angeschlossen. Die Untersuchungen beziehen sich auf drei Herstellungsverfahren, in der Bessemer Birne, im sauren und basischen Siemens-Martin-Ofen.

Der Bericht erwähnt zunächst das auch in England übliche Verfahren, Härtesteigerung der Schienen durch Erhöhen des Kohlenstoffgehalts auf etwa 0,55% bei einem Mangangehalt von etwa 0,8% oder des Mangangehalts auf 1,2% bei etwas vermindertem C-Gehalt zu erzielen, und die Schwierigkeit, den Gehalt an Verunreinigungen, vor allem von Schwefel und Phosphor, niedrig zu halten.

Die versuchsweise Herstellung von Chromstahlschienen aus der Bessemerbirne geht auf das Jahr 1913, aus dem Siemens-Martin-Ofen auf 1921 zurück. Auch in England ist die Erzeugung in der Bessemerbirne allgemein mangels Verfügung über die für das saure Verfahren benötigten sehr reinen Rohstoffe eingeschränkt, wenn nicht gar zugunsten der Erzeugung im basischen Siemens-Martin-Ofen verlassen worden. Andererseits haben die Engländer frühzeitig die besondere Wärmebehandlung der Schienen nach dem Walzen zur Erzielung hoher Zugfestigkeit bei ausreichender Zähigkeit, gemessen an der Dehnung, der Querschnittsverminderung und der Einsenkung beim Schlagversuch, aufgenommen. Die Wärmebehandlung der Schienen, die sich die Firma Sandberg in London zur Verwendung im eingebauten Zustand hat patentamtlich schützen lassen, besteht darin, daß die Schiene aus Rotglut durch Anblasen mit Druckluft oder Eintauchen mit dem Kopf in Wasser während einiger Minuten einer beschleunigten Abkühlung etwa bis zum Verschwinden der Rotglut unterworfen wird und unmittelbar danach in der Randzone des Kopfes eine Anlaßwirkung von innen erfährt. Die Berichter haben ihre Versuche mit der Wärmebehandlung von sauren Chromstahlschienen aus der Bessemerbirne zunächst auf einfache Wiedererwärmung der ausgewalzten Schiene im Walzwerk auf 400 bis 800° eingestellt und hierbei gefunden, daß die Zugfestigkeit bei allen fünf Anlaßstufen sich nicht weit von 95 kg/mm² entfernte, die Dehnung, bezogen auf 200 mm Meßlänge, zwischen 6,2% und 8,5% schwankte, wobei die Dehnung mit steigendem Anlaßgrad zunahm, die Querschnittsverminderung dem gleichen Gesetz gehorchte und zwischen 10,4% und 20,8% gelegen war.

Das Sorbitisieren des Schienenkopfes nach dem vorerwähnten Sandbergverfahren, Erwärmung auf 950°, Anblasen mit Druckluft während sieben Minuten bis auf 550°, führte zu höheren Gütewerten. Beim Schlagversuch wurde nach fünf Schlägen mit durchschnittlich 5 mt eine Einsenkung des im Abstand von 1,3 m gelagerten Schienenstücks (41 kg/m Gewicht) von 190 mm gegen 180 mm im unbehandelten Zustand erreicht. Die Zahlen des zugehörigen Zugversuchs waren 96 kg/mm² bei 11% Dehnung (l = 200 mm) gegen 94 kg/mm² bei 12% Dehnung im unbehandelten Zustand. Für den behandelten Stab wurde die Streckgrenze zu 64,5 kg/mm² im Kopf, zu 61 kg/mm² im Fuß, die Brinellhärte zu 286 bzw. 265 ermittelt, beim nichtbehandelten Stab lag die Streckgrenze bei 59 kg/mm², die Brinellhärte bei 277. Die Querschnittsverminderung betrug in allen Fällen über 29%. Dieser Wert zeigt an, daß eine hochwertige zähe Stahlsorte bereits als Ausgangswerkstoff gewählt worden war. Der geringe Unterschied der Gütewerte im Kopf und Fuß der Schiene zeigt an, daß man bei der Wärmebehandlung mehr bestrebt war, die allgemeine Wertigkeit, wohl auch der nicht untersuchten Kerbzähigkeit, zu erhöhen, als sehr große Unterschiede zwischen Kopf und Fuß des Schienenquerschnittes herbeizuführen.

Der Chromgehalt der Schienen schwankte bei den Versuchen zwischen ½ und 2%, die günstigsten Werte der Festigkeitsprüfung und nach dem Werturteil des Betriebes lagen übereinstimmend bei einem Chromgehalt von 1%. Dieser Gehalt wies gleichzeitig einen hohen Korrosionswiderstand auf. In Tunneln und in säurehaltiger Luft rosteten die Schienen äußerst wenig, eine allgemein bekannte Eigenschaft des Chromstahles. Aus der Betriebsbeobachtung ist zu erwähnen, daß die Chromstahlversuchsschienen vorwiegend in Weichen und Kreuzungen und anderen Stellen höchster Beanspruchung im Vergleich zu Schienen gewöhnlicher Be-

schaffenheit (d. h. reine Kohlenstoffstahlschienen) verlegt wurden. Die Lebensdauer der Chromstahlschienen hat in diesen Fällen etwa zwölf Jahre betragen, d. h. fünf- bis sechsmal soviel, als die der an den Versuchsstellen gleicher Betriebsbeanspruchung sonst verlegten gewöhnlichen Schienen ohne Chromgehalt. Der Bericht spricht sich günstig aus über die Durchführung der Richtarbeit im Walzwerk und der Bearbeitbarkeit mit Bohrwerkzeugen u. a. Auch die bei höheren Chromgehalten bekannte Eigenschaft der Selbsthärtung habe sich nicht bemerkbar gemacht. Die gleichen günstigen Erfahrungen hat die Midland-Bahn mit Laschen aus Chromstahl gemacht, die geringen Deformationen unter dem Schienenkopf werden hervorgehoben.

Der Schluß des Berichtes enthält die kurze aber inhaltsreiche Bemerkung, daß die hier behandelte Chromstahlerzeugung wohl noch nicht der letzte Weg der Stahlindustrie ist, den Verbraucher mit einem hochwertigen wohlfeilen Schienenstahl zu beliefern. Der Preisunterschied ist nicht angegeben worden. Der Kundige weiß, daß für Chromstahl ein großer Zuschlag zum Schienengrundpreis zu zahlen sein würde. Daher erscheint es angebracht, einen Hinweis auf die deutschen Wege zur Lösung des Problems „Schienenstahl" anzufügen. In den Verbraucherkreisen hat sich endlich die Erkenntnis durchgerungen, die Anforderungen an die Schiene nach dem Streckencharakter zu unterscheiden, wie es der Fahrzeugbau hinsichtlich der Anforderung an den Radreifenstahl für Radsätze der Lokomotiven und Wagen längst getan hat. Die Abnutzungskräfte sind im geraden Gleis verschieden von denen in Krümmungen und Weichen, entsprechend auch die Lage der Abnutzung am Schienenkopf. Für heutigen Grad der Betriebsbeanspruchung reicht in der Geraden, wo die Abnutzung vorwiegend in der Lauffläche liegt, eine Schiene mit 75 kg/mm² Mindestfestigkeit gerade noch aus. Im äußeren Strang in Krümmungen und in Weichen, wo die sehr viel stärkere Abnutzung seitlich am Schienenkopf anfällt, werden Schienen mit höherer Streckgrenze, d. h. mit einer Zugfestigkeit über 90 kg/mm² benötigt.

Dieser Anschauung hat der Stahlwerksverband in einer Verhandlung mit dem Reichsbahnzentralamt vom 2. Juli 1927 zugestimmt und sich zur Lieferung der benötigten Schienensorten bereit erklärt. Wenn auch den üblichen Beschaffungsgrundsätzen entsprechend das Herstellungsverfahren nicht vorgeschrieben worden ist, so liegt es in den Ofenverhältnissen begründet, daß die Schienenstahlsorte mit 75 kg/mm² Mindestfestigkeit aus der Thomasbirne mit voller Sicherheit noch erzeugt werden kann, daß andererseits für die Lieferung der Sorte mit Mindestfestigkeit von 90 kg/mm² im vollen Schienenquerschnitt der Siemens-Martin-Ofen herangezogen werden muß, und zwar ohne daß zu teuren Legierungsmaßnahmen geschritten werden muß. Aber auch den Thomaswerken ist es im oben beschriebenen Weg über das Kopfhärten gelungen, Schienen mit Kopfhärte, die einen Zugfestigkeitswert von 90 kg/mm² erheblich übersteigt, zu liefern, so den Vereinigten Stahlwerken, Abteilung Phoenix Duisburg, für Straßenbahnschienen und der Maximilianshütte in Rosenberg Obpf. für Vollbahnschienen. Kopfgehärtete Schienen liegen bereits seit mehreren Jahren in Versuchsstrecken der Deutschen Reichsbahn und haben bisher sich etwa gleich abnutzungsbeständig erwiesen wie die basischen SM-Schienen von 90 kg/mm² Mindestfestigkeit. Weitere Mitteilungen können erst nach fortgeschrittenem Stand der Vergleichsversuche gemacht werden.

Zur Berechnung der Querschwellen.

Von Dipl.-Ing. **K. Szmodics,** Inspektor der k. ung. Staatseisenbahnen, Budapest.

Unter diesem Titel erschien im Organ 1928, Heft 10, von Reichsbahnrat Dr. Ing. Diehl eine Abhandlung, in welcher der Verfasser seine wertvollen Beobachtungen bezüglich der Dauerhaftigkeit der eisernen Schwellen und die damit verbundenen Berechnungen mitteilt.

Diese Abhandlung enthält über das rechnerische Verfahren Zimmermanns und Engessers einige Schlußfolgerungen, durch die der Wert dieser beiden Verfahren leicht unvollständig beurteilt werden könnten, deshalb mögen einige ergänzende Bemerkungen am Platze sein.

In der Zimmermannschen Theorie des elastischen Kräftespieles der Querschwellen kommt als grundlegend mit strenger Folgerichtigkeit die Annahme zur Geltung, daß der Bodendruck auf irgendeinem Punkte der Schwelle proportional ist mit der Einsenkung an demselben Punkte. Engesser war bestrebt, die Aufgabe mathematisch zu vereinfachen; er führte durch angenäherte Befriedigung der grundlegenden Annahme ein annäherndes Verfahren ein. Wie aus seinem Gedankengange festgestellt werden kann, setzte er dabei voraus, daß seine Ergebnisse von denen des strengeren Verfahrens mit genauer Befriedigung der Proportion noch immer nicht stark abweichen werden.

Der Grundgedanke des rechnerischen Verfahrens von Engesser ist folgender:

„Der Bettungsdruck p nimmt vom Lastpunkte aus nach beiden Seiten hin ab. Wir setzen diese Abnahme verhältnisgleich zu den Ordinaten zweier Parabeln, die unter dem Lastpunkte P_1 eine gemeinsame, wagrechte Berührende besitzen und für $x = T$ und $x = T_1$ gleiche Abnahme Δ aufweisen" (Abb. 1). Bezüglich der Entfernungen T und T_1 ist zu bemerken, daß $2 . (T + T_1) = u$ die unterstopfte Länge der Schwelle bedeutet.

„Zur Bestimmung von Δ dient die Bedingung, daß die Senkung des Lastpunktes gegenüber dem äußersten Punkte in geradem Verhältnisse zum Druckunterschiede Δ stehen muß." (Organ 1888, Seite 104.)

Die nach Abb. 1 vorausgesetzte Veränderungslinie der Bodendrücke ist der elastischen Linie der Schwelle sehr ähnlich; aus ihren geometrischen Zusammenhängen kann die bekannte Formel Engessers zur Berechnung des Momentes unter dem Lastpunkt oder neben dem Schienenfuße leicht abgeleitet werden.

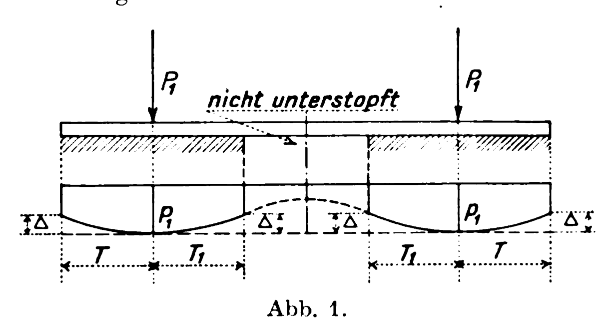


Abb. 1.

Es sei hier noch bemerkt, daß Engesser sich — vor den hier Angeführten — mit der Unterstopfungslänge der Schwelle befaßt und voraussetzt, daß „die Länge der unterstopften Strecke durch die Bedingung bestimmt wird, daß die Berührende der elastischen Linie unter dem Lastpunkte P_1 wagrecht ist. Das Ergebnis wird von der Wirklichkeit nicht wesentlich abweichen, wenn zu diesem Zwecke ein gleichmäßiger Bettungsdruck $p = \frac{P_1}{b(T + T_1)}$ in die Rechnung eingeführt wird."

Wenn diese Bedingung durch entsprechende Wahl der Unterstopfungslänge gleichfalls befriedigt wird, so steht die in der Abbildung angeführte Kurve des Bettungsdruckes der elastischen Linie der Schwelle nach Zimmermann noch näher, als dies nach den obigen Bedingungen der Fall ist. Es ist also ersichtlich, daß Engesser der Veränderungskurve der Bettungsdrücke einerseits eine einfache geometrische Form gibt, anderseits aber sich bestrebt, sie der elastischen Linie der Schwelle ähnlich zu gestalten. Hiernach ist zu erwarten, daß die Formeln Zimmermanns und Engessers vergleichsweise in ihren Ergebnissen nur geringe Unterschiede aufweisen werden.

Die Berechnungen Dr. Diehls weisen in den Spannungen nur deshalb größere Abweichungen auf, weil die Voraussetzungen bei den Vergleichsrechnungen verschieden sind. Er wendet das Verfahren Zimmermanns auf die in der ganzen Länge gleichmäßig unterstopfte Schwelle an und berechnet dafür die größte Spannung im Auflagerungsmittelpunkte der Schienen. Bei der Rechnung nach Engesser ist die Schwelle in Gleismitte als nicht unterstopft angenommen, die größte Spannung neben dem Schienenfuß. Die lastverteilende Wirkung der Schiene ist in beiden Fällen berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Zimmermannschen und der Engesserschen Formeln können aber nur dann verglichen werden, wenn man sie auf denselben Belastungsfall (dieselbe Lastverteilung) anwendet.

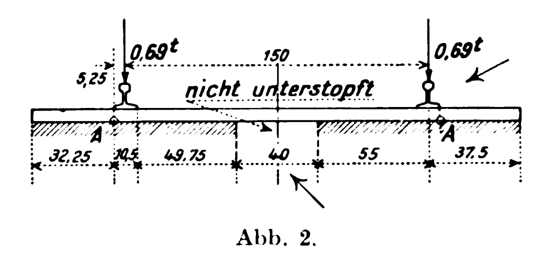


Abb. 2.

Nachstehend seien nach Zimmermannschem Verfahren berechnet die Spannungen der auf der Höllentalbahn liegenden 60 mm hohen Schwellen im Querschnitte neben dem Schienenfuß nebst Beobachtung des Umstandes, daß die Schwelle mitten auf 40 cm nicht unterstopft ist. Das ist der Belastungsfall, den Dr. Diehl für die Spannungsberechnung nach der Engesserschen Formel zugrunde gelegt hat. Wir nehmen den Schienendruck ebenso groß an, wie ihn Dr. Diehl in seiner zweiten Tabelle angab. Dieser Schienendruck ist bei einem Achsdruck von 1 t, P = 0,69 t. Die Bettungsziffer $C = 8\ kg/cm^3$.

Die Kennziffern der 60 mm hohen Schwellen badischer Form sind folgende: 2 . l = 225 cm, b = 22 cm, $J = 56{,}7\ cm^4$, $W = 13\ cm^3$, $E = 2\,000\,000\ kg/cm^2$, Breite des Schienenfußes 10,5 cm.

Das Moment wird für den Punkt A berechnet, dessen Entfernung vom Mittelpunkte der Schwelle 75 + 5,25 = 80,25 cm beträgt.

Die Zimmermannschen Faktoren sind:

$$L = \frac{1}{\varkappa} = \sqrt[4]{\frac{4 \,.\, 2000000 \,.\, 56{,}7}{8 \,.\, 22}} = 40\ \text{cm}, \qquad \lambda = \frac{1}{L} = \frac{112.5}{40} = 2{,}81$$

$$\varrho = \frac{r}{L} = \frac{75}{40} = 1{,}875 \qquad \xi = \frac{x}{L} = \frac{80{,}25}{40} = 2{,}06$$

$$\xi_1 = \frac{x_1}{L} = \frac{155{,}25}{40} = 3{,}88 \qquad \xi_2 = \frac{x_2}{L} = \frac{5{,}25}{40} = 0{,}131.$$

Das Moment bei durchwegs gleichmäßigem Unterstopfen ist:

$$M = \frac{P \,.\, L}{2} \left\{ \frac{1}{2} \,.\, (\mu_1 + \mu_2) - v_\varrho \,.\, \mathrm{Cos}\, \xi \cos \xi + u_\varrho\, \mathrm{Sin}\, \xi \sin \xi \right\},$$

wobei aus Zimmermanns Tabelle IIa

$$\mu_1 = e^{-\xi_1} (\cos \xi_1 - \sin \xi_1) = -0{,}00142$$

$$\mu_2 = e^{-\xi_2} (\cos \xi_2 - \sin \xi_2) = +0{,}7573.$$

Die Werte u und v können in der Regel aus Zimmermanns Tabelle VI genommen werden, sind aber im gegebenen Fall aus der Tabelle weggefallen; sie müssen daher in besonderer Rechnung festgestellt werden, und zwar aus Tabelle Z. III. Zu $\lambda = 2{,}81$ gehören:

$$u = 0{,}0248 \qquad v = 0{,}0012 \qquad w = 0{,}0044,$$

aus Tabelle Z. I. ist aber

$$\mathrm{Cos}\, \varrho \,.\, \cos \varrho = -1{,}00520, \qquad \mathrm{Sin}\, \varrho \sin \varrho = 3{,}03580,$$

$$\mathrm{Cos}\, \xi \cos \xi = -1{,}88160, \qquad \mathrm{Sin}\, \xi \sin \xi = 3{,}40218.$$

Folglich sind:

$$u_\varrho = u \,.\, \mathrm{Cos}\, \varrho \cos \varrho + v \,.\, \mathrm{Sin}\, \varrho \sin \varrho = -0{,}0249 + 0{,}0036 = -0{,}0213,$$

$$v_\varrho = v \,.\, \mathrm{Cos}\, \varrho \cos \varrho + w \,.\, \mathrm{Sin}\, \varrho \sin \varrho = -0{,}0012 + 0{,}0134 = +0{,}0122;$$

und

$$v_\varrho \,.\, \mathrm{Cos}\, \xi \cos \xi = -0{,}02296,$$

$$u_\varrho \,.\, \mathrm{Sin}\, \xi \sin \xi = -0{,}07247.$$

Das oben angeführte Moment beträgt hiernach

$$M = \frac{0{,}69 \,.\, 40}{2} \,.\, \left[\frac{1}{2} \,.\, (-0{,}00142 + 0{,}7573) + 0{,}02296 - 0{,}07247 \right] =$$

$$= 13{,}8 \,.\, 0{,}32734 = 4{,}53\ \text{tcm}.$$

Das Fehlen der Unterstopfung im mittleren Teile der Schwelle auf die Länge von 2a = 40 cm wird nach der Anleitung in Zimmermanns Buch (Seite 77) durch eine Kraft P_0 in Rechnung genommen, die in der Mitte der Schwelle wirkt und deren Größe

$$P_0 = 2\, \alpha \,.\, \frac{[\eta_0]}{1 - \alpha\, (\eta_0)} \,.\, P$$

ist, wobei $\alpha = a/L = 20/40 = 0{,}50$ und $[\eta_0] = \eta_\varrho + u_\varrho$. Aus Tabelle Z. IIa zu $\varrho = 1{,}875$ gehörende Wert ist: $\eta_\varrho = 0{,}1007$ und so $[\eta_0] = 0{,}1007 - 0{,}0213 = 0{,}0794$. Aus Tabelle Z. IV hinwieder zu $\lambda = 2{,}81$ gehörende Wert: $(\eta_0) = 1{,}0248$. P = 0,69 t. Nach Einsetzen erhält man: $P_0 = 0.1123$ t.

Das Moment dieser Kraft wirkt im Punkte von 80.25 cm Entfernung. Nach Gleichung Z. 16b ergibt sich:

$$M_0 = \frac{P_0 \,.\, L}{4} \,.\, [\mu - v \,.\, \mathrm{Cos}\, \xi \cos \xi + u \,.\, \mathrm{Sin}\, \xi \sin \xi],$$

wobei aus Tabelle Z. IIa der zu $\varphi = \xi = 2{,}06$ gehörende Wert $\mu = -0{,}1723$ ist.

Mit obigen Werten ist:

$$v \,.\, \mathrm{Cos}\, \xi \cos \xi = -0{,}00226$$

$$u \,.\, \mathrm{Sin}\, \xi \sin \xi = -0{,}08437.$$

Nach Einsetzung erhalten wir das Ersatzmoment:

$$M_0 = \frac{0{,}1123 \,.\, 40}{4} \,.\, (-0{,}1723 + 0{,}00226 + 0{,}08437) = -0{,}096\ \text{tcm}.$$

Das Gesamtmoment im untersuchten Querschnitte wird hiernach M = 4.53 — 0.096 = 4.434 tcm, die ihm entsprechende Spannung in der untersten Faser der Schwelle:

$$\sigma_Z = \frac{4434}{13} = 342\ kg/cm^2.$$

Wenn wir die Spannungen für denselben Belastungsfall auch mit Engessers Formel berechnen wollen, so ist zuerst der Wert von φ zu bestimmen, wie folgt

$$\varphi = \frac{1}{\frac{24 \,.\, E \,.\, J}{C\, b\, T^4} + \frac{11}{15}} = \frac{1}{7{,}84 + 0{,}734} = 0{,}1168.$$

Das Moment und die Beanspruchung nach Engesser ist:

$$M = \frac{0{,}69 \,.\, 32{,}25^2}{185} \,.\, \left(1 - \frac{0{,}1168}{2}\right) = 3{,}64\ \text{tcm}.$$

$$\sigma_E = \frac{3640}{13} = 280\ kg/cm^2.$$

Nach Dr. Diehls Berechnungen war $\sigma_E = 278$ kg/cm², die Abweichung ist also hier unerheblich.

Die Beanspruchung ist also in dem Punkt A — bei einer ununterstopften Länge von 40 cm — nach Zimmermann größer als nach Engesser. Der Überschuß beträgt $342 - 280 = 62$ kg/cm², was 22% von 280 kg/cm² ausmacht.

Dieser Unterschied ist jedoch noch immer nicht geeignet, um das Zimmermannsche und das Engessersche Verfahren zu vergleichen, denn die Engessersche Formel ist eigentlich für den angenommenen Belastungsfall nicht gültig. Nach Engessers Vorschrift muß ja die ununterstopfte Länge in der Mitte der Schwelle nicht 40, sondern 68 cm sein, denn nur in diesem Fall wird die Berührende der elastischen Linie wagrecht unter dem Belastungspunkte, was bei Engesser Voraussetzung ist. Unsere Berechnungen müssen dementsprechend verbessert werden. Nach Zimmermann ist $\alpha = 34:40 = 0{,}85$,

$$P_0 = 2 \,.\, 0{,}85 \,.\, \frac{0{,}0794}{1 - 0{,}85 \,.\, 1{,}0248} \,.\, 0{,}69 = 0{,}715 \text{ t.}$$

$$M_0 = \frac{0{,}715 \,.\, 40}{4} \,(-0{,}08567) = -0{,}613 \text{ tcm.}$$

$$M = 4{,}53 - 0{,}613 = 3{,}917 \text{ tcm.}$$

$$\sigma_Z = \frac{3917}{13} = 301{,}5 \text{ kg/cm}^2.$$

Das Moment und die Spannung nach Engesser ist:

$$M = 3{,}64 \,.\, \frac{185}{185 - 28} = 4{,}29 \text{ tcm.}$$

$$\sigma_E = \frac{4290}{13} = 330 \text{ kg/cm}^2.$$

Der richtige Vergleich führt also dazu, daß die Engessersche Formel die größeren Werte liefert, nicht die Zimmermannsche. Der Unterschied ist $330 - 301{,}5 = 28{,}5$ kg/cm², also $-9{,}45$% von 330 kg/cm².

Die hier angegebenen Berechnungen habe ich auch bei der 100 mm hohen Schwelle badischer Form durchgeführt und gefunden, daß bei einer ununterstopften Länge von 40 cm $\sigma_Z = 89{,}3$ kg/cm² und $\sigma_E = 88{,}4$ kg/cm² ist, bei einer — der Engesserschen Vorschrift entsprechenden — ununterstopften Länge von 48 cm $\sigma_Z = 88{,}6$ kg/cm² und $\sigma_E = 92{,}5$ kg/cm². Diese letzten Beanspruchungen können zum richtigen Vergleiche dienen und zeigen ebenfalls, daß die Engessersche Formel die größeren Werte ergibt.

Zusammenfassend kann folgendes festgesetzt werden:

1. Die Rechnungsergebnisse der beiden oben angeführten und wahrscheinlich auch aller anderen Fälle zeigen, daß bei richtigem Vergleiche die Spannungen nach Zimmermann kleiner ausfallen als jene nach Engesser.

2. Die Engessersche Formel gibt nur in diesem Fall ein brauchbares Ergebnis, wenn die vorgeschriebene Unterstopfungslänge streng eingehalten wird.

3. Aus der 30 jährigen Haltbarkeit der eisernen Schwellen der Höllentalbahn kann man auch andere Folgerungen ziehen, als Dr. Diehl, der zunächst schließt, daß die Engessersche Formel der Wirklichkeit viel näher kommt, als die Zimmermannsche. Man kann als wahrscheinlicher annehmen, daß die Eisenschwellen bei der Höllentalbahn während dieser Zeit unter der Schiene immer sorgfältig unterstopft waren, in der Mitte hingegen ununterstopft blieben, also richtig instandgehalten wurden.

Eines sei noch abschließend bemerkt, daß der Wert der Engesserschen Rechnung an die Richtigkeit des Zimmermannschen Grundprinzipes gebunden ist. Sollte einmal klargelegt werden, daß man die einfache Proportion zwischen Bettungsdruck und Senkung auf irgendeinem Punkte nicht weiter aufrechthalten kann und infolgedessen die Zimmermannsche Theorie nicht nur mathematisch in sich zerfällt, sondern daß auch die Ergebnisse seiner Formeln der Wirklichkeit nicht entsprechen, dann verliert mit ihr auch Engessers Auffassung ihren Wert und dies um so mehr, weil diese keinen einzigen Gedanken enthält, der imstande wäre, den Grundgedanken der Zimmermannschen Theorie zu ersetzen.

Anmerkung der Schriftleitung. Herr Dr.-Ing. Diehl, dem wir die vorliegende Abhandlung vor der Drucklegung zugeleitet haben, begrüßt die Ausführungen des Herrn Dipl.-Ing. Szmodicz als eine wertvolle Ergänzung seiner eigenen Untersuchung über den Genauigkeitsgrad der Schwellenberechnung. Bei den streng wissenschaftlichen Grundlagen der Zimmermannschen Oberbauberechnung sei es zweifellos, daß die zutreffendsten Werte erhalten würden, wenn man die fast allgemein übliche Annahme durchgehender Unterstopfung fallen lasse und auch die nur teilweise unterstopfte Schwelle nach Zimmermann berechne. Das entspreche der Wirklichkeit und erkläre das günstige Verhalten der eisernen Schwellen; es treffe sich günstig, daß sich dann die errechneten Beanspruchungen nach Zimmermann und Engesser einander nähern.

Im übrigen bemerken wir, daß die Engessersche Näherungsrechnung immer noch einen gewissen Wert behält, weil sie leicht und ohne Tabellen auswertbar ist. Wegen der erzielbaren Übereinstimmung mit dem genaueren Verfahren nach Zimmermann braucht man keinen allzu strengen Maßstab anzulegen. Hat doch Zimmermann selbst gelegentlich für Oberbauberechnungen einen Fehler von 22 v. H. als „zwar erwähnenswert, aber nicht von großem praktischen Belang" bezeichnet. Der Grund für diese Anschauung liegt natürlich darin, daß am Oberbau die ausschlaggebenden dynamischen Raddrücke in weiten Grenzen schwanken.

Schließlich möchten wir es als wünschenswert bezeichnen, daß die Untersuchungen der Herren Dr. Ing. Diehl und Dipl.-Ing. Szmodicz auch auf den Bettungsdruck ausgedehnt würden.

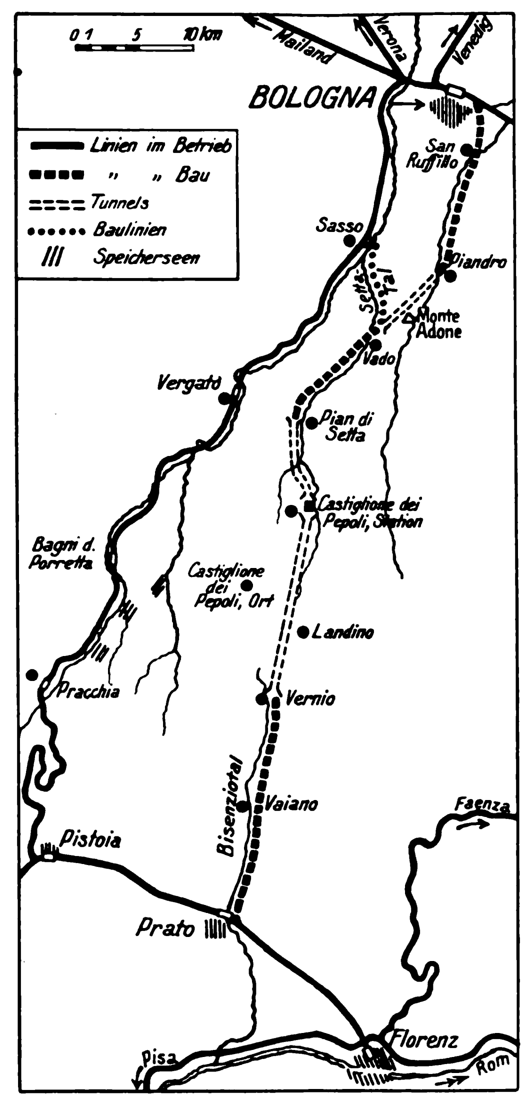
Die neue Apenninenquerbahn Bologna—Florenz.

Von **Egon Abél**, Rom.

Seit dem Jahre 1913 befindet sich die neue Bahnverbindung Bologna—Florenz, die eine der wichtigsten Bindeglieder zwischen dem norditalienischen Bahnnetze einerseits und dem mittelitalienischen andererseits zu werden bestimmt ist, im Bau und soll in den ersten Monaten 1930 dem Verkehr übergeben werden.

Wichtige Beweggründe wirtschaftlicher, verkehrstechnischer und militärischer Art waren bestimmend gewesen, eine neue Bahnverbindung quer durch die Apenninen neben der schon bestehenden Linie Bologna—Florenz zu schaffen. Diese letztere war 1865 dem Verkehr übergeben worden, hat im Gebirge vielfach eine ungünstige Anlage mit schweren Steigungen, ist eingleisig und überlastet. Ihrer unvorteilhaften Streckenentwicklung wegen — die Gesamtlänge der Linie Bologna—Florenz beträgt 133 km, die größte Seehöhe 616 m (im Vergleich zu 45 m in Bologna und 48 m in Florenz) — mußte eine Verdopplung dieser Strecke von der Hand gewiesen werden und auf jeden Fall wäre eine solche nur mit unverhältnismäßig hohen Kosten möglich gewesen, ohne dabei die Sicherheit zu gewährleisten, daß die verdoppelte Linie auch dem in Zukunft zu erwartenden erhöhten Zugverkehr hätte entsprechen können. Dieser hatte in der Zwischenzeit — es war in den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts — bedeutend zugenommen, so daß

an die Entlastung der alten Linie Bologna—Florenz gedacht werden mußte. 1893 war die östliche Apenninenstrecke Florenz—Faenza fertiggestellt worden, die einen Teil des Nord-Südverkehres übernahm; diese Linie stellt allerdings einen bedeutenden Umweg dar (die Entfernung Bologna—Florenz über Faenza beläuft sich auf 186 km, zudem sind auch auf der Teilstrecke Faenza—Florenz — höchster Punkt 537 m Seehöhe — schwere Steigungen und enge Kurven vorhanden, so daß sie für einen dichten Schnellzugverkehr nicht in Betracht kommt). In späteren Jahren wurde ein Teil des Schnellzugverkehres von Mailand nach Rom über die Apenninenquerbahnen Mailand—Genua und Parma—Sarzana geleitet, um die Linie Bologna—Florenz zu entlasten. Doch waren dies nur Notbehelfe, da der Personen- und Güterverkehr zwischen Nord und Süd immer stärker anschwoll. Nur eine neue doppelgleisige Strecke konnte unter solchen Umständen endgültig Abhilfe schaffen.



Übersichtsplan der neuen Apenninenquerbahn Bologna—Florenz.

Nach langen Studien wurde das Projekt der Verdopplung der alten Linie Bologna—Florenz verworfen und die Ministerialkommission, die sich mit der neuen Bahnverbindung befaßte, entschied im Jahre 1902 den Bau einer neuen Strecke mit Höchststeigungen von 12 ‰ und Mindestkurven von 500 m; das betreffende Projekt sah allerdings auch einen Tunnel in der Länge von ungefähr 18 km vor.

Erst 1908 wurde der endgültige Entwurf vom Parlament genehmigt; im gleichen Jahr wurde mit den Baustudien begonnen und fünf Jahre später — 1913 — wurde der Bau von Bologna aus in Angriff genommen.

Wie aus der Karte ersichtlich nimmt die neue Linie, vom Hauptbahnhof in Bologna ausgehend, eine östliche Richtung (im Gegensatz zur alten Strecke die nach Westen abzweigt) und verläßt dann die Strecke Bologna—Ancona, um nach Süden abzubiegen. In S. Ruffillo (7 km), der ersten Station, beginnt die Steigung; es folgt die Station Pianoro (15 km), wo sich das Nordtor des ersten großen Apenninentunnels (7155 m) unter dem Monte Adone, befindet; am südlichen Ausgang befindet sich die Station Vado. Die Linie steigt weiter im Settatale; es folgt der Tunnel von Pian di Setta; in 293 m Höhe wird die Station Lagaro und weiter die Station Castiglione dei Pepoli erreicht: Hier beginnt der 18510 m lange große Apenninentunnel, dessen Südende sich bei der Station Vernio (Seehöhe 300 m) im Bisenziotale befindet. Im Tunnel, 5 km vom Nordausgang entfernt, befindet sich der Scheitelpunkt der Linie, 322 m Seehöhe. Das Bisenziotal verfolgend, gelangt die neue Linie aus dem Gebirge und vereint sich in der Station Prato, 18 km von Florenz, mit der alten Linie.

Auf der Karte kann man die Streckenentwicklung der neuen und alten Linie genau verfolgen. Die Länge der neuen Linie von Bologna nach Prato ist 80,558 km, die neue Verbindung Bologna—Florenz ist daher 98,558 km, also ungefähr $34^1/_2$ km kürzer als die alte Verbindung. Auf dieser beträgt die kürzeste Schnellzugfahrzeit seit Einführung des elektrischen Betriebes (Herbst 1927) 2 Stunden 48 Minuten und es wird erwartet, daß auf der neuen Strecke, die doppelgleisig und elektrisch betrieben sein wird, die Fahrtdauer Bologna—Florenz auf höchstens $1^1/_2$ Stunden herabgesetzt werden kann. Auf der neuen Strecke wurden die Kurvenhalbmesser auf mindestens 600 m gehalten (gegenüber 500 m im Entwurf); die Höchststeigung beträgt 12 ‰ auf offener Strecke, 8 ‰ in den kleinen Tunnels von 300 m Höchstlänge, 2 ‰ im Tunnel unter dem Monte Adone und 5,77 ‰ im großen Apenninentunnel. Die Anlage von Schienenkreuzungen wurde vermieden. Die Stationsanlagen haben eine Länge von mindestens 700 m mit einem Höchstgefälle von 2,5 ‰.

Für die Gleisausrüstung sind Schienen von 50,6 kg/m vorgesehen, wie sie in Italien nur auf den höchstbeanspruchten Linien verwendet werden.

Im großen Apenninentunnel selbst wird sich ein unterirdischer Dienstbahnhof befinden mit in Seitentunneln verlegten Nebengleisen.

Wie vorerwähnt, wird auf dieser Strecke der elektrische Betrieb eingeführt werden und zwar nach dem auf den elektrifizierten Linien der italienischen Staatsbahnen vorherrschenden Dreiphasenwechselstrom-System. Die entsprechenden Kraftwerke und Speicherseen sind fertiggestellt und speisen auch den im Vorjahre eingeführten elektrischen Betrieb auf der alten Strecke Bologna—Florenz.

Wie weiter oben berichtet, wurde mit dem Bau der Gebirgsbahn im Jahre 1913 von Bologna aus begonnen und die Strecke nach Süden bis zur Station Pianoro nebst zwei Baugleisen in Angriff genommen. Letztere zweigten von der bestehenden Bahn ab und zwar eines von der Station Sasso südöstlich durch das Settatal zur Baustrecke, das andere von der Station Prato, nordwärts durch das Bisenziotal, dem Verlauf der neuen Bahn bis zum Südportal des großen Apenninentunnels folgend. Beide Dienststrecken, die in Engspur (0,95 m, Schienen von 27,3 kg/m) ausgeführt wurden, hatten eine Gesamtlänge von 48,5 km. Infolge der politischen Ereignisse der dem Baubeginn folgenden Jahre wurde der gesamte Bahnbau vorerst gänzlich eingestellt, und später in äußerst langsamem Zeitmaß wieder fortgesetzt, so daß vor-

genannte drei Strecken erst 1919 fertiggestellt waren. Mit Oktober 1922 wurden die Bauarbeiten auf der ganzen Strecke beschleunigt weitergeführt. November 1926 war der Durchstich des 7155 m langen Tunnels unter dem Monte Adone beendet; 1927 wurde die Tunnelausmauerung bis auf ein kurzes Stück am Nordende fertiggestellt. Der Stand am Ende des Jahres 1928 der einzelnen Streckenabschnitte ist wie folgt: Bologna—Pianoro 98%, Pianoro—Castiglione dei Pepoli (wo der Haupttunnel beginnt) 95%, Vernio (Südausgang des Haupttunnels)—Prato 83%, neuer Bahnhof in Prato 73%. An zwei Tunnels sind noch Bohrarbeiten im Gange: am Tunnel von Pian di Setta, 3049 m lang, dessen Durchstich für Mai-Juni dieses Jahres vorgesehen ist und am Haupttunnel. Der Bau des erstgenannten bot vom Anfang an große Schwierigkeiten infolge der schichtförmigen Beschaffenheit des Tonerdreiches, das unter schiebendem Drucke steht.

Der Bau des Haupttunnels gestaltete sich von allen Gesichtspunkten aus betrachtet überaus schwierig und erheischte nicht nur die größten Vorarbeiten, sondern auch umfangreiche Bauanlagen. Im Verlauf der geognostischen Bodenuntersuchungen wurden nicht weniger als sieben tiefgehende Bohrlöcher zur Tunneltrasse vorgetrieben: die größte Tiefe betrug 380 m, womit die Sohle des zukünftigen Tunnels erreicht wurde.

Das Erdreich besteht, vom nördlichen Tunnelende beginnend, aus Tonschiefer- und Sandsteinschichten; im weiteren Verlauf wurde splittrige Tonerde, wieder Sandstein, Granit und harte Schiefererde angetroffen; gegen den Südausgang war Sandstein vorherrschend.

Im Jahre 1920 wurde der Vortrieb von Nord und Süd aus begonnen. Bis zum Jahre 1922 ging dieser mit außerordentlicher Langsamkeit vonstatten. Um den Bau zu beschleunigen, und zwar hauptsächlich im Gebiet der splittrigen Tonerde, wo die größten Schwierigkeiten zu erwarten waren, wurden beim Ort Landino zwei gegen die Tunneltrasse einen Winkel von 50° bildende Schächte, 100 m voneinander entfernt, 600 m tief vorgetrieben, von deren Sohle aus der Tunnelbau ebenfalls in Angriff genommen wurde. Für die Materialbeförderung von und nach den Schachtanlagen dient eine 9,6 km lange Seilbahn (stündliche Leistung 27 t) zwischen Castiglione dei Pepoli Ort und dem nördlichen Tunnelende. Der Bohrfortschritt war mit 9,5 m im Tag vorgesehen worden: je 2 m für die drei nördlichen Angriffsstellen, 3,5 m für die südliche.

Was den maschinellen Teil der Tunnelbauanlagen anbelangt, verfügte man in den ersten Jahren über keinen Arbeitsstrom von ferngelegenen Kraftstationen. Der Strom wurde an Ort durch Dieselmotoren von insgesamt 2840 PS erzeugt; diese Anlage besteht auch jetzt noch, allerdings nur zur Reserve. Jetzt wird der Strom durch Kraftwerke im Arnotale geliefert; er gelangt mit einer Spannung von 30000 Volt bis zum Tunnel, wo er auf die benötigte Arbeitsspannung umgeformt wird. Die Elektroanlagen am Tunnel umfassen 12405 PS, am Nordausgang 1490 PS, am Südausgang 2025 PS, an den Schächten 8890 PS.

Die mechanische Bohrung am Nord- und Südende erfolgt mittels dreier Ingersoll-Kompressoren von 25 m³/Min. Druckluft, wobei der Druck 7 at beträgt; die entsprechenden drei Motoren haben je 150 PS; bei den Arbeitsschächten in der Mitte des Tunnels gelangen vier Sullivan-Kompressoren von je 200 PS zur Verwendung. Die Bohrhämmer gehören den Formen Ingersoll, Sullivan und Flottmann an.

Die Lüftungsanlagen verfügen an den beiden Ausgängen über je zwei Sulzer-Lüfter von je 24 m³/Sek., welche die Luft mit einem Wasserdruck von 250 mm in zwei Gänge von 6,5 m² pressen. Zwei weitere Lüfter von je 6 m³/Sek. übertragen diese Luft in Rohrleitungen von 1000 mm Durchmesser, die auf 635 mm Durchmesser verjüngt bis zu den Arbeitsstellen führen.

Im Innern des Tunnels, beim Nordausgang und bei den zwei Schächten befinden sich weitere Lüfter von 6 m³/Sek. Lüftung, welche die Aufgabe haben, die schlechte Luft und die Gesteinsgase von den Arbeitsplätzen mit Hilfe von Rohrleitungen von 400 mm Durchmesser abzusaugen.

Für die Arbeiter- und Materialbeförderung im Tunnel dienen Druckluftlokomotiven von 200 at in den Kesseln und 14 + 16 at in den Zylindern, und zwar in den Vortrieben eine kleine zweiachsige Bauart von 40 + 50 PS, in den fertigen Tunnelteilen eine größere vierachsige von 80 + 100 PS. Die auf 200 at verdichtete Luft wird in Rohrleitungen (80 mm Durchmesser) in den Tunnel geführt, wo entsprechende Anschlußstellen für die Überleitung auf die Lokomotiven vorhanden sind. Die Gesteinshunde haben eine Tragfähigkeit von 1,4 m³, sind aus Holz und zum Kippen eingerichtet. Die Spur dieser Arbeitsbahn ist 750 mm. Außerhalb des großen Tunnels erfolgt die Zugförderung durch Dampflokomotiven.

Die Förderung innerhalb der beiden Schächte erfolgt mit Hilfe von Seilstandbahnen mit einer Tagesleistung von ungefähr 450 Hunden, was einer Abbeförderung von 400 m³ Bohrmaterial je Schacht und Tag entspricht. In den Schächten ist die Bahn eingleisig, mit einem Ausweichgleis in halber Höhe.

Groß waren die Schwierigkeiten, die man im Verfolge von Wassereinbrüchen beim Bau der großen Tunnels zu bewältigen hatte. Die ausgedehnten Pumpenanlagen, die sich als notwendig erwiesen hatten, werden durch Motoren von insgesamt 5420 PS betrieben. Während früher ein Wasserabfluß von über 300 l/Sek. zu bewältigen war, beträgt dieser gegenwärtig 260 l. Dies für den Nordausgang, während für den Südausgang die entsprechenden Daten 350 und 300 l betragen. Im November 1927, in der Entfernung von 5820 m vom Südausgang, ergab sich unerwarteter Weise ein Wasservorkommen von ungefähr 300 l/Sek.; das Wasser entsprang mit einem Druck von fast 2 at einem ungefähr 700 mm breiten Spalt in den fast wagrechten Sandsteinschichten, die mit Tonschiefer vermengt sind. Nachdem man die Unmöglichkeit festgestellt hatte, den Spalt durch Zementeinspritzung zu verstopfen, mußte aus Ziegel und Spezial-Zementmörtel eine Absperrwand errichtet werden, durch welche das Wasser in einen Behelfskanal geleitet wird. Diese Anlage wird bis zur Fertigstellung des endgültigen Abflußganges bestehen bleiben. Der Druck an dieser Mauer erreicht oft 11 at.

Gasausbrüche werden gewöhnlich durch elektrische Verbrennungsanlagen unschädlich gemacht. Die Beleuchtung im Tunnel und die Sprengungen erfolgen ebenfalls durch elektrischen Strom.

Ende 1927 waren von diesem großen Tunnel noch 3165 m zu bohren. Seit dem vorerwähnten Wasservorkommen wurden die Arbeiten am Südteil eingestellt; immerhin sind beim Bau dieses Tunnels täglich ungefähr 2580 Arbeiter tätig, wovon 2090 im Tunnel selbst. Die andern sind in den nötigen Werksanlagen beschäftigt, die außer den bereits erwähnten Pump- und Lüftungsanlagen, elektrische Gesteinsbrecher zur Zerkleinerung des gewonnenen Sandsteins, Wasseranlagen für die große Mörtelbereitung, mechanische Werkstätten für die Reparatur der Arbeitsmaschinen, Umformerstationen, Trinkwasseranlagen usw. umfassen.

Eigene Dörfer mit Wohnhäusern, Spitälern, Gebäuden für die Bauleitungen sind längs der ganzen Strecke entstanden. Wenn beim grossen Tunnel nicht unvorhergesehene Schwierigkeiten auftreten, wird mit dessen Durchstich im Jahre 1929 gerechnet, so daß zu Anfang 1930 diese wich-

tige Gebirgsbahn dem Verkehre wird übergeben werden können*).

Die Endpunkte der neuen Strecke befinden sich, wie schon erwähnt, in Bologna und Prato; doch erfährt auch die bestehende Linie Prato-Florenz eine erhebliche Berichtigung, so daß auch dieser Teil als neue Strecke anzusehen ist. Der Umbau und die Vergrößerung des Bahnhofes und der gesamten Bahnhofsanlagen in Bologna im Zusammenhange mit dem Baue der neuen Gebirgsstrecke wurden schon vor drei Jahren fertiggestellt; der Bau des neuen Bahnhofes in Prato ist zu dreiviertel beendet, während ein vorläufiger Umbau des alten Bahnhofes in Florenz im nächsten Jahre vorgenommen werden wird. Anschließend daran wird mit dem Neubau des dortigen Bahnhofes begonnen werden, der in ungefähr vier Jahren beendet werden dürfte.

Zum Schlusse wird es nicht uninteressant sein, einige Daten über die Arbeitsfortschritte an der neuen Bahn wiederzugeben, die bis Ende Oktober 1928 zu verzeichnen waren.

Im Abschnitt 1 Bologna-Pianoro wurden Ergänzungs- und Instandsetzungsarbeiten durchgeführt.

Im Abschnitt 2 Pianoro-Castiglione dei Pepoli wurden einige kleine Kunstbauten, sowie die Arbeiten am Tunnel durch den Monte Adone (welcher schon im Jahre 1927 durchstochen worden war) zu Ende geführt, und der Bau des Talüberganges über den Gießbach Setta bei Vado fortgesetzt, und zwar wurden hier die letzten fünf Bögen (lichte Weite je 25 m) aufgeführt. Im gleichen Abschnitt befindet sich auch der Tunnel von Pian di Setta, der drittlängste (3049 m) der ganzen Bahnlinie. Im Oktober 1927 waren in diesem Durchstich noch ungefähr 400 m durchzubrechen; die Begegnung der beiden Stellen erfolgte am 29. März 1928, während die Bemauerung des Tunnels im vergangenen August fertiggestellt wurde.

In diesem Tunnel, dessen Bau auf der Nordseite im September 1921 in Angriff genommen worden war, sind keine nennenswerten Wasservorkommen oder Gasausströmungen zu verzeichnen gewesen; dagegen hatte man hinsichtlich des Gesteins große Schwierigkeiten zu überwinden, denn dieses bestand der Hauptsache nach aus unter hohem Schiebedruck befindlichem splittrigem Ton. Infolgedessen waren beim Bau außerordentlich starke Druckgerüste erforderlich, und auch die Bemauerung ist zuweilen in mächtigen Ausmaßen — bis zu 1,5 m Dicke — gehalten. April 1925 wurde der Bau dieses Tunnels auch von der Südseite aus in Angriff genommen. Auch hier zeigten sich dieselben Durchstichschwierigkeiten. Zur Tunnelmauerung gelangten Spezial-Hochdruckziegel und Sandsteinblöcke zur Verwendung; als Bindemittel wurde Zementmörtel gebraucht. Der Bau dieses Tunnels allein kostete ungefähr 90 Millionen Lire (20 Millionen Mark), wobei die Ausrüstung nicht inbegriffen erscheint, während für den restlichen Teil dieses Abschnittes vom Oktober 1927 bis einschließlich Oktober 1928 allein ungefähr 20 Millionen Lire (ungefähr 4,3 Millionen Mark) verausgabt wurden. Die mittlere Durchschnittszahl der an dieser Teilstrecke beschäftigten Arbeiter betrug 1000 Mann.

In den Abschnitt 3, Castiglione dei Pepoli-Vernio, fällt der große Apenninentunnel (18510 m, der zweitlängste Tunnel in Europa), ferner die beiden Bahnhöfe Castiglione dei Pepoli und Vernio, sowie zwei kleinere Tunnels. Die Arbeiten am großen Tunnel schritten im Zeitraume Oktober 1927 bis Oktober 1928 rüstig vorwärts. Wie bereits früher erwähnt, sind an diesem Tunnel vier Angriffsstollen vorhanden: Der Nord- und Südausgang und zwei schiefe Vortriebsstollen, die bei Cá di Landino zusammenstoßen. Im vorerwähnten Zeitraum wurden an allen vier Punkten insgesamt 3325 m vorgetrieben, d. h. im Durchschnitt (nach Abrechnung der Feiertage und der Tage, an welchen wegen höherer Gewalt nicht gearbeitet werden konnte) 9,1 m auf den Arbeitstag, während die Tunnelmauerung im Durchschnitt 10 m im Arbeitstag fortschritt. Der stärkste Vortrieb war im Mai 1928 mit 15 m zu verzeichnen. Der Rauminhalt des im vorgenannten Zeitraum ausgebrochenen Gesteins beträgt 333000 m³, während jener der Mauerung sich auf 100000 m³ beläuft. Diese zufriedenstellenden Zahlen wurden erreicht, trotzdem in diesem Tunnel die größten unerwarteten Schwierigkeiten zu überwältigen waren, wie Zündgase, die verschiedentlich Brände der Tunnelgerüste verursachten, Wassereinbrüche (deren größter mit einer Mächtigkeit von 300 l/Sek. an der Südseite des Tunnels eine längere Arbeitseinstellung an dieser Baustelle bedingte) und sonstige Schwierigkeiten, die sich aus der Natur des unter hohem Schiebedruck stehenden Gesteins ergaben.

Für den mechanischen Durchstich, für die Lüftung, für die Beförderung der Druckluft (200 Atmosphären), für die Wasserfortschaffung, sowie für den Abtransport des Gesteins aus den geneigten Angriffsstollen sind, wie bereits erwähnt, Maschinenanlagen mit einer Leistung von 12500 PS vorhanden, welche im Durchschnitt monatlich 2200000 PS-St Strom und 600000 PS-St Dampfkraft verbrauchen. Das tägliche Luftvolumen, das in den Tunnel hineinbefördert wird, beläuft sich auf 6 Millionen m³ für die Lüftung, 270000 m³ für die Durchbruchsarbeiten und 40000 m³ für Förderzwecke. Das mittels Pumpen geförderte Wasser beläuft sich je Tag im Durchschnitt auf 9,5 Millionen l, nicht inbegriffen die Wassermengen die vom Einbruche an der Südseite herrühren; diese allein betragen 12,5 Millionen l im Tag.

Im Zeitraum von 24 Stunden arbeiten durchschnittlich 3000 Mann in diesem Tunnel, in welchem vom Oktober 1927 bis Oktober 1928 200 t Sprengmittel zur Verwendung gelangten. Immerhin ist der Tunnel noch lange nicht fertig; an der Nordseite sind noch 1693 m durchzustechen, an der Südseite 462 m. Bis jetzt kostete der Bau dieses Tunnels allein 95 Millionen Lire (ungefähr 21 Millionen Mark).

Im vierten oder Südabschnitt der neuen Strecke Vernio-Prato wurde, neben anderen Arbeiten, die im Oktober 1927 begonnene schiefgestellte Brücke über den Bisenzio fertiggestellt; diese Steinbrücke besteht aus vier Bögen, einer mit einer lichten Weite von 16 m, die anderen drei mit einer solchen von je 12 m. In einer Entfernung von nur 229 m von dieser Brücke ist eine weitere schiefgestellte Brücke über den gleichen Fluß im Bau begriffen. Diese Steinbrücke wird fünf Bögen aufweisen, zwei mit einer lichten Weite von je 12 m und drei mit einer solchen von je 16 m.

An dieser Teilstrecke erwiesen sich größere, durch Erdrutsche bedingte Sicherungsarbeiten als notwendig. Insgesamt wurden für diese Teilstrecke in den 12 Monaten Oktober 1927 bis Oktober 1928 9 Millionen Lire (2 Millionen Mark) verausgabt. In diesen Betrag sind die Kosten nicht eingerechnet, die für den neuen Bahnhof in Prato aufgewendet wurden und die im gleichen Zeitraume ungefähr 500 000 Lire (zirka 100 000 Mark) ausmachen. In Prato mündet bekanntlich die neue Linie in die alte Strecke Florenz-Pistoia-Bologna ein; der neue Bahnhof in Prato wird natürlich für beide Strecken gemeinsam sein.

Insgesamt wurden vom Oktober 1927 bis Oktober 1928 für die neue Linie 121,5 Millionen Lire (ungefähr 28 Millionen Mark) verausgabt.

*) Inzwischen ist der Durchstich erfolgt, und zwar am 21. Januar 1929.



Berichte.

Allgemeines.

Verkehrsverbesserungen in Niederländisch-Ostindien.

Die Regierung von Niederländisch-Indien machte in letzter Zeit bedeutende Anstrengungen zu der schon lange notwendigen Verbesserung der nationalen Verkehrswirtschaft. Auf keinem anderen Wirtschaftsgebiet sind die Ansprüche der Bevölkerung so groß, wie sie an die Verwaltung der staatlichen niederländisch-indischen Staatseisenbahnen, Privatbahnen und Straßenbahnen gestellt werden. Von der bedeutenden Ausdehnung des Eisenbahnverkehrs in letzter Zeit gibt die Entwicklung der Einnahmen von der Gründungszeit bis zum heutigen Tage ein anschauliches Bild. Im Jahre 1878, dem Jahr der ersten Eisenbahnbauten in Niederländisch-Indien, beliefen sich die Einnahmen auf rund 260000 Gulden, um sich bereits im Jahr 1881 auf $1^1/_2$ Millionen zu steigern. 1897 erbrachten diese Verkehrsmittel Einnahmen von etwa $10^1/_2$ Millionen Gulden. Von da an setzt das Streben nach größerer Verkehrsdichte ein. 1921 beliefen sich die Einnahmen bereits auf über 80 Millionen Gulden. Das Jahr 1921 stellt einen Höhepunkt dar. Im Jahr darauf hatte die Wirtschaft Ostindiens starke Strömungen wirtschaftsfeindlicher Einflüsse zu überwinden, die sich überaus lähmend auf den Handel auswirkten. Infolgedessen senkte sich auch die Beanspruchung des Fahrzeugparkes zur Güterbewegung bedeutend. Das Darniederliegen der Wirtschaft hatte recht nachteilige Folgen für die Entwicklung der Niederländisch-ostindischen Eisenbahnen. Infolgedessen hielt man sich ängstlich vor notwendigen Erweiterungen der Verkehrsanlagen zurück. Aus diesem Tiefstand heraus nahm jedoch in der letzten Zeit dank der umfassenden Anstrengungen des Staates das Verkehrswesen Niederländisch-Indiens wieder einen kräftigen Aufschwung. 1925 beliefen sich die Einnahmen bereits auf etwa 475 Millionen.

Die Staatsstrecken in Java verfügen jetzt über annähernd 3000 km Eisenbahnlinien in der als Regel anzusehenden Spur von 1 m, außerdem über 120 km Schmalspurbahnen von 60 cm Spurweite. Sumatra hat etwa 725 km Regelstrecke und 511 km Schmalspurbahnen von 75 cm Spurweite. Celebes verfügt zunächst nur über 47 km Vollspurbahn. Zu diesen staatlichen Strecken kommen eine Reihe privater Eisenbahnen von beachtlicher Länge. In Java und im Süden von Sumatra unterhält der Staat außerdem im eigenen Betrieb einen Autozubringerdienst. Der Motorwagenverkehr ist dort außerordentlich ausgedehnt und erstreckt sich auf Linien von 20000 km Gesamtlänge. Ende 1928 machte der Bestand der Staatseisenbahnen über 550 Dampflokomotiven, 4 elektrische Lokomotiven, 15 elektrische Motorwagen, etwa 18000 Wagen und 15000 Güterwagen aus. Die Eisenbahnen in Java verfügten über 73 Dampflokomotiven für Vollspurbahnen und 21 für Schmalspurbahnen, 222 Wagen und 55 Güterwagen. Vor kurzem wurde die neu elektrisierte Strecke Meester Cornelius—Tandjong Prick eröffnet, die einen wirtschaftlich sehr wertvollen Zuwachs darstellt. Augenblicklich ist man bestrebt, vor allem die Verkehrswirtschaft Sumatras mehr zu entwickeln. Zur Zeit bestehen hier nur die Strecken von der Nordspitze Khota-Radia über Belawan, Delhi, Medan nach Siantar; vom Fort de Cock im mittleren Westen von Sumatra bis Padang und Sawah Loento und im Süden von Palembang über Lahad zum Hafen Telok Betoeng an der Sundastraße. Gerade Sumatra hat sich in letzter Zeit wirtschaftlich am weitesten entwickelt. Die Minenbetriebe haben ausgezeichnete Ergebnisse geliefert. Auch die Pflanzungen sind durchweg wesentlich vergrößert worden und arbeiten sehr wirtschaftlich. Damit hat auch naturgemäß der Handel bedeutend an Ausdehnung gewonnen. Es zeigt sich nun, daß den damit verbundenen wesentlich gesteigerten Ansprüchen an der Güterbewegung die vorhandenen Transportleistungen nicht mehr zu entsprechen vermögen. Wenn nicht bald Abhilfe geschaffen wird, besteht geradezu eine Gefahr für die natürliche Weiterentwicklung des wirtschaftlichen Aufblühens Sumatras. Man erwägt augenblicklich Pläne, die genannten Eisenbahnlinien durch Zubringerstrecken miteinander zu verbinden. Damit würde ein Netz durch ganz Sumatra hindurch geschaffen werden, das es allen Bewirtschaftungsgebieten möglich macht, auf dem Schienenwege ihre Erntegüter rasch den verschiedenen Verschiffungshäfen zuzuführen. Außerdem beabsichtigt man, eine Strecke vom südlichsten Hafen Telok Betoeng nach Khota-Radia zu bauen.

M.

Eisenbahnbedarf für den fernen Osten.

Der japanische Eisenbahnbedarf war bisher in hohem Grade auf die Versorgung aus Europa angewiesen. Die Ausfuhr von Eisenbahnmaterial — vorzugsweise aus Großbritannien, Deutschland usw. — nach Japan hatte bedeutenden Umfang und stellte einen beträchtlichen Einfuhranteil dar. Seit einiger Zeit machen sich nun Bestrebungen geltend — wohl in erster Linie, um sich von der ständig wachsenden Abhängigkeit vom Ausland freizumachen —, Eisenbahnbedarf, insbesondere Schienen, mehr als bisher aus örtlichen Werken zu beziehen. Diese Bewegung hat in letzter Zeit die Ausfuhr von Schienen nach Japan aus den einst bevorzugten Liefer-Staaten erheblich herabgemindert. Dem Beispiel der staatlichen japanischen Linien sind bald auch die südmandschurischen Eisenbahngesellschaften wie einige andere private Eisenbahnunternehmungen gefolgt. Wie sich die Verhältnisse für die Zukunft entwickeln werden, ist im Augenblick nicht vorauszusagen. Es ist indessen wohl damit zu rechnen, daß die japanischen Eisenbahnen in absehbarer Zeit sich wieder hochwertigem Schienenmaterial, insonderheit auch aus deutschen Werkstätten, zuwenden, da vor nicht langer Zeit selbst die japanische Presse die höhere Güte und die ganz besondere Bewährung europäischen Schienenbaustoffes für japanische Verhältnisse anerkannte. Ähnlich liegen die Verhältnisse im Bedarf von fremden Schienen für Kleinbahnen und elektrische Straßenbahnen. Hier beginnt sich auch in der Tat die Nachfrage in Japan langsam wieder zu heben. Nach den örtlichen Verhältnissen ist dafür besonders vorzüglicher Baustoff erforderlich, den die einheimische Erzeugung noch nicht zu befriedigendem Preis zur Verfügung zu stellen vermag. Sehr bemerkenswert ist jetzt der Bedarf in China. Die politischen Verhältnisse scheinen sich dort allmählich wieder zu klären und zu beruhigen. Eine der ersten Aufgaben der neuen Regierung wird die Wiederinstandsetzung der wichtigsten Verkehrswege sein. Es sind bereits eingehende Untersuchungen angestellt worden über die notwendigen Maßnahmen, den Eisenbahnverkehr zunächst in früherem Umfang wieder aufzunehmen. Das chinesische Verkehrsministerium verfügt jetzt über abgeschlossene statistische Zusammenstellungen über die hier notwendigen Aufbaumaßnahmen, zunächst für die vier staatlichen Eisenbahnen. Bemerkenswert sind einzelne Feststellungen aus diesen Erörterungen. Beispielsweise verfügte die Strecke Peking—Smynan und die Strecke Peking—Tsinpu vor den kriegerischen Verwicklungen insgesamt über 3000 Wagen und 200 Lokomotiven. Davon ist heute kaum noch die Hälfte verfügbar, und diese nur in wenig gebrauchsfähigem Zustande. Die Strecke Peking—Mukden war bisher betrieben mit 200 Lokomotiven und 400 Wagen. Ebenso betrüblich sind die Verhältnise auf der Strecke Peking—Hankau. Der Eisenbahnpark umfaßte hier 230 Lokomotiven und 4000 Eisenbahnwagen. Diese Zahl ist auf höchstens 100 Lokomotiven und etwa 1300 Wagen zurückgegangen, die aber größtenteils von Grund aus wieder instandgesetzt werden müssen. Das chinesische Verkehrsministerium hatte die Absicht, einen regelmäßigen Eisenbahngroßverkehr zwischen Nanking und Peking einzurichten. Diese Absicht mußte jedoch aufgegeben werden, da die erforderlichen Fahrzeuge für diese Aufgabe nicht brauchbar sind. Bei solchen Verhältnissen wird in nächster Zeit Ausrüstungs- und Wiederinstandsetzungsmaterial wohl in großem Umfange notwendig sein.

M.

Maßnahmen der amerikanischen Eisenbahnen gegen den Kraftwagenwettbewerb.

Auf der letzten Sitzung der Leiter des Personenverkehrs der amerikanischen Bahngesellschaften in Colorado Springs wurde übereinstimmend festgestellt, daß der Personenverkehr ständig zurückgeht als Folge des immer stärker werdenden Kraftwagenverkehrs. Nicht nur im Nahverkehr sondern auch im Fernverkehr gewinnt der Kraftwagen immer mehr an Boden. Es bestehen bereits Kraftwagenverkehre durch den ganzen nordamerikanischen



Kontinent. Die Tarife dieses Kraftwagenfernverkehrs unterschreiten die Eisenbahntarife, so daß die Bahngesellschaften gezwungen waren ihre Tarife herabzusetzen. Maßnahmen den verlorenen Verkehr zurückzugewinnen hatten keinen Erfolg.

In der Versammlung wurde allgemein der Gedanke vertreten, daß die einzige Möglichkeit dem Kraftwagenwettbewerb entgegenzutreten darin bestünde, daß die Bahngesellschaften selbst Kraftwagenverkehre einrichten und mit dem Eisenbahnverkehr verflechten. Einige Gesellschaften haben diesen Weg bereits mit Erfolg eingeschlagen. So erzielte zum Beispiel die New York, New Haven und Hartford Bahn gegenüber 1921 trotz einer Abnahme von 32% der Reisendenzahl eine Steigerung der Einnahmen um 2,37% im Jahre 1927, weil der Kraftwagendienst die Möglichkeit bot, eine Zahl schlecht besetzter Züge ausfallen zu lassen. Auch Schienenkraftwagen (Öl-elektrische Triebwagen) wurden von verschiedenen Gesellschaften an Stelle schlechtbesetzter Züge eingelegt mit dem Erfolg, daß die Zugbeförderungskosten erheblich geringer wurden. Es wurde zum Beispiel auf einigen Linien festgestellt, daß durch die Verwendung von Triebwagen 74% der Gesamtbetriebskosten aus dem Personenverkehr gedeckt werden konnten gegenüber 37% beim früheren Dampfbetrieb. Von sämtlichen Rednern wurde die Einführung von Triebwagen befürwortet. Der Vorschlag den im Zuge Reisenden die Mitnahme ihres Kraftwagens möglichst zu erleichtern wurde ebenfalls begrüßt, weil es tatsächlich vielen Leuten nicht um eine lange Autoreise, sondern um den Gebrauch ihres Wagens am Reiseziel zu tun sei.

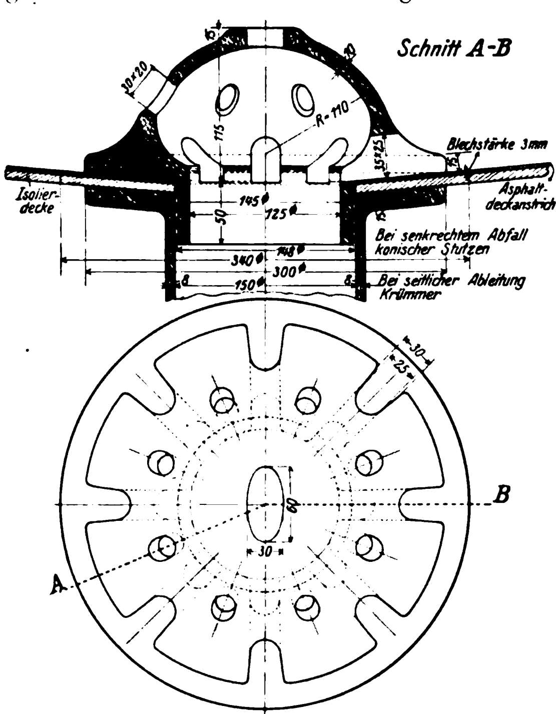
Auch auf die starke Zunahme des Luftverkehrs wurde hingewiesen und zum Ausdruck gebracht, daß die Eisenbahngesellschaften mit ihren großen Erfahrungen im Verkehrswesen die berufenen Träger des neuen Luftverkehres seien. Wenn die Eisenbahngesellschaften die Zeichen der Zeit nicht verstünden und sich nicht rechtzeitig die neuen Verkehrsmittel, wie Kraftwagen und Flugzeug, zu eigen machten, so müßten sie wie andere überalterte Industriezweige mit dem langsamen Untergang rechnen. Zusammenschluß und Gemeinschaftsarbeit könnten die beginnende Krise überwinden helfen. Eb.

(Railw. Age 1928 Okt.)

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Wasserabführung bei mit Asphaltplatten abgedeckten Brücken und Dächern.

Der Abdichtung massiver Bauwerke hat man mit Recht dauernd das größte Augenmerk zugewendet. Denn Mängel an solchen Abdeckungen gefährden den Bestand und verursachen hohe Unterhaltungskosten. Eine schwache Stelle der Abdeckung ist der Anschluß der Isolierschicht an die Auslauföffnung. Die Stoßdichtung erfolgt hier meist in mangelhafter Weise durch Asphaltverstrich unter Erzeugung von erhöhten, den Wasserabfluß hindernden Ringen. Eine Neuerung und Verbesserung auf diesem Gebiete bringt die in der Textabbildrng dargestellte Stoßdichtung. Sie besteht aus einem Abführungsrohr mit Siebhaube,



Vorrichtung zur Wasserabführung für mit Asphaltplatten abgedeckte Brücken und Dächer.

beide in der Befestigung von einander unabhängig, so daß das Abführungsrohr ohne besondere Vorrichtung fest eingemauert werden kann. Letzteres geht in der Höhe der Isolierdecke in einen Flansch über, der in Anpassung an die Entwässerungsstelle einer Kegelmantelfläche angehört. Auf den Flansch legt sich die Isolierdecke und auf diese mit einem breit ausladenden Fuß die Entwässerungshaube. Der Flansch des Abführungsrohres und der breite Fuß der Entwässerungshaube spannen die Isolierschicht fest ein und dichten sie (bei Brücken in ihrer Wirkung noch unterstützt durch das darüber gelagerte Schüttelmaterial) gegen das Mauerwerk gut ab, so daß eine Durchfeuchtung desselben nicht mehr eintritt. Ein Unterlagblech unter der Entwässerungshaube dient zur besseren Druckverteilung, ein ringförmiger Ansatz der Haube, der in das Ablaufrohr eingreift, verhindert eine seitliche Verschiebung. Die (gesetzlich geschützte) Entwässerungsvorrichtung wurde im Bezirke der Reichsbahndirektion Nürnberg verwendet und hat sich gut bewährt. Fr. H.

Tunnelbauten in Nordamerika.

Die Great-Northern-Gesellschaft hat auf ihrer Strecke durch das Kaskadengebirge an der Westküste Nordamerikas eine Reihe von Tunnelbauten und Streckenverlegungen ausgeführt, durch welche die Strecke an ihrer höchsten Stelle um 153 m abgesenkt wurde. Die Länge der Bahn wurde um 14,290 km und die vorhandene Strecke mit der Höchststeigung von 22‰ um 29 km abgekürzt. Außerdem entfiel eine Reihe scharfer Kurven. Die Bahn führt nicht mehr durch die Gegenden mit Lawinengefahr und die Unterhaltung von 12,2 km Lawinengalerien kommt in Wegfall. Der Kaskadentunnel, der längste Tunnel in Amerika und der fünftlängste der Welt ist eingleisig, hat eine Länge von 12,550 km und erforderte an Baukosten 63 Millionen Mark. Er wurde am 12. Januar d. J. unter besonderen Feierlichkeiten, an deren Verlauf durch Rundfunkübertragung ganz Amerika teilnehmen konnte, dem Betrieb übergeben.

Die durch die Tunnelbauten und Streckenverlegungen erreichte Streckenverkürzung und die Elektrisierung der Strecke auf 117 km Länge ermöglichte die Verringerung der Fahrzeiten für die Personenzüge um eine Stunde und für die Güterzüge um drei Stunden. Dazu kommen noch die Einsparungen durch den Wegfall der verlorenen Steigungen, durch die Verkürzung der Linie und den Entfall zahlreicher scharfer Kurven.

Die Bauzeit für den Tunnel betrug nur 37 Monate, so daß im Durchschnitt auf den Kilometer eine Bauzeit von 3 Monaten trifft. Vergleichszahlen sind für den Simplontunnel 4,47 Monate, für den Connaughttunnel 5,0 Monate und für den Moffattunnel 5,4 Monate.

Der Bau wurde mit dem Vortreiben eines Hilfstunnels (2,74 × 2,44 m), der 20 m seitlich des eigentlichen Tunnels liegt, begonnen. Von diesem aus wurden in Abständen von etwa 460 m elf Querstollen gegen die Tunnelachse getrieben und der Ausbruch des Tunnels an elf Stellen gleichzeitig begonnen. Entsprechend dem angetroffenen Gestein wurde mit verschaltem Stollen oder mit Firststollen vorgetrieben, daran schloß sich der Ausbruch des Tunnels auf sein volles Profil (5,49 × 7,62 m). Zur Erleichterung der Arbeiten wurde in einer Entfernung von 3,877 km vom Osteingang ein senkrechter Schacht auf den Tunnel abgeteuft. Diese Anordnung bewährte sich deswegen, weil der Tunnel von Ost nach West gleichmäßig mit 15,7‰ fällt, somit die Arbeiten von Osten her im Gefälle auszuführen sind. Die durch Auftreten von Wasser entstehende Arbeitserschwerung konnte durch den Schacht leichter überwunden werden. Der angetroffene Fels war vorherrschend Granit, der sich zum Sprengen



und weiteren Bearbeiten gut eignete. Auf lange Strecken konnte die Arbeit ohne besondere Schwierigkeit vor sich gehen. Es wurden aber auch Stellen mit stark zerklüftetem Gestein angetroffen, wo die notwendige Auszimmerung die Arbeiten verlangsamte. So mußte der größte Teil der Strecke zwischen dem Osteingang und dem erwähnten Schacht ausgezimmert werden.

Das größte Hindernis bildete das auftretende Wasser, das auf der Westseite eine Stärke von 34 m^3/Min. hatte. Der seitlich angelegte Stollen erwies sich hier für die Wasserableitung als sehr zweckmäßig. Er dient auch bei dem in Betrieb genommenen Tunnel zur Abführung des auftretenden Wassers. Während auf der Westseite das Wasser durch das natürliche Gefälle von 15,7‰ abfloß, mußte es an der Ostseite in der allerdings geringeren Stärke von 8,3 m^3/Min. durch den senkrechten Schacht weggepumpt werden.

Durch die gute Arbeitsleistung der mit den Arbeiten betrauten Unternehmer konnten die Bauzeiten mit einer einzigen Ausnahme zum Teil wesentlich unterschritten werden. Das Ausbetonieren des Tunnels war bereits 16 Tage nach Beendigung des Vollausbruches fertiggestellt. Das Verlegen des Gleises erforderte 6 Tage, das Einbringen der Bettung 9 Tage. Die Höchstzahl der beschäftigten Arbeiter betrug 1793 Mann.

Wa.

(Railway Age 1929, 1. Halbj., Heft 4.)

Betrieb in technischer Beziehung; Signalwesen.

Optische Signalübertragung auf die Lokomotive mit selbsttätiger Überwachung der Zuggeschwindigkeit.

Bei der Atchinson Topeka und Santa Fe-Gesellschaft (Ver. Staaten) ist auf der 280 km langen zweigleisigen Strecke Fort Madison—Pequot (Illinois) ein System zur optischen Signalübertragung auf die Lokomotive und zur Sicherung der Zugfolge in Gebrauch, das den besonderen Verhältnissen der in dem nebelreichen Mississippital verlaufenden Linie angepaßt ist. Streckensignale werden nur zur Deckung der durchschnittlich 11 km auseinanderliegenden Überholungsbahnhöfe verwendet. Trotzdem ist eine ungehinderte Zugfolge in etwa 3,6 km Abstand möglich. Die Richtung des Hauptverkehrs wechselt auf dieser Strecke nach der Tageszeit; der Betrieb ist daher so eingerichtet, daß die beiden Gleise am Morgen gleichzeitig von Ost nach Westen und am Abend in umgekehrter Richtung benützt werden.

Die Strecke ist in Blockabschnitte von durchschnittlich 1200 m eingeteilt, was dem ungünstigsten Bremsweg der schwersten Züge entspricht. Dem Lokomotivführer wird an einer auf dem Führerstand angebrachten Lichttafel die je nach dem betrieblichen Zustand der vorausliegenden Streckenabschnitte zulässige Höchstgeschwindigkeit durch aufleuchtende Buchstaben angezeigt und zwar bedeutet:

H = Höchstgeschwindigkeit (105 km/Std. bei Schnell- und Personenzügen, 72 km/Std. bei Güterzügen),
M = Mittlere Geschwindigkeit (64 und 48 km/Std.),
L = Langsame Fahrt (32 km/Std. für alle Züge).

Erscheint kein Lichtsignal, so sind stets 32 km/Std. einzuhalten.

Ist nun ein Blockabschnitt von einem Zug besetzt, so erscheint bei einem Zug, der in den gleichen oder den zunächst rückwärts gelegenen Abschnitt einfährt, das Zeichen „L", bei einem im übernächsten Abschnitt befindlichen Zug der Buchstabe „M", in allen anderen Fällen, also stets dann, wenn mindestens die vorausliegenden drei Blockabschnitte (= rund 3,6 km) frei sind, das Lichtsignal „H".

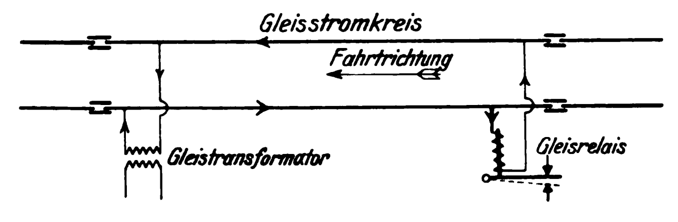


Abb. 1.

Diese Sicherung der Zugfolge entspricht in ihrer grundsätzlichen Anordnung dem System der selbsttätigen Streckenblockung. Wie dort besteht in jedem Blockabschnitt, der gegen die benachbarten Abschnitte isoliert ist, ein Gleisstromkreis, in dem im Regelzustand der Strom am Ausfahrende von einem Gleisstromtransformator her in die eine Schiene eintritt, am Einfahrende durch ein Gleisrelais fließt und durch die andere Schiene zum Transformator zurückkehrt. Beide Schienen werden also vom Strom in entgegengesetzter Richtung durchflossen (s. Abb. 1). Gleichzeitig besteht in jedem Blockabschnitt ein zweiter Stromkreis, der „Schleifenstromkreis". In diesem verteilt sich normalerweise der vom „Schleifentransformator" kommende Strom am einen Ende des Streckenabschnittes auf beide Schienen, durchfließt diese in gleicher Richtung und kehrt am anderen Ende über eine an einem Gestänge geführte Rückleitung zum „Schleifentransformator" zurück (s. Abb. 2).

Diesen beiden Stromkreisen entsprechen zwei Empfänger auf der Lokomotive, von denen einer vor der ersten Lokomotivachse, der andere hinten am Tender eingebaut ist. Beide Empfänger bestehen in der Hauptsache aus Spulen mit unterteilten Eisenkernen, deren Wicklungen in einem Abstand von 15 cm über den beiden Schienen liegen. Durch die Gleisströme werden in diesen Wicklungen Induktionsströme erzeugt und zwar sind die Schaltungen so gewählt, daß beim vorderen Empfänger ein Größtstrom entsteht, wenn die beiden Schienen in entgegengesetzter Richtung stromdurchflossen sind, während bei dem zweiten Empfänger, dem „Schleifenempfänger", der beide Schienen im gleichen Sinn durchlaufende „Schleifenstrom" den Größtwert hervorruft. Es spricht also der vordere Empfänger auf den Gleisstromkreis, der hintere auf den „Schleifenstromkreis" an.

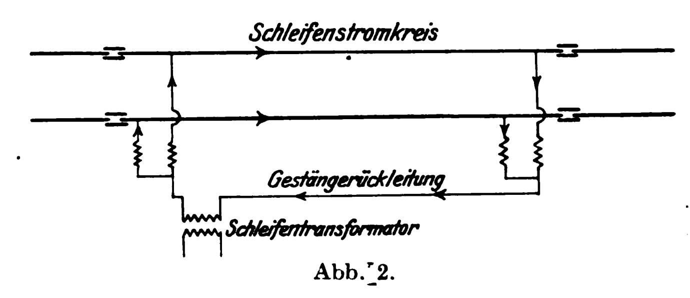


Abb. 2.

Je nachdem nun gleichzeitig in beiden Stromkreisen oder nur in einem oder in keinem Strom fließt, rufen die induzierten Ströme eines der obengenannten Lichtsignale hervor.

Die Öffnung und Schließung der beiden Stromkreise erfolgt durch die erste und die letzte Zugachse. Befährt ein Zug einen Blockabschnitt von derjenigen Seite her, an der das Gleisrelais liegt, so wird der Gleisstrom durch die erste Achse kurzgeschlossen, so daß der Anker des stromlos gewordenen Gleisrelais abfällt und die für die Signalübertragung notwendigen Schaltungen der beiden Stromkreise in den rückwärts liegenden Blockabschnitten bewirkt. Mit der Räumung des einen und der folgenden zwei Blockabschnitte wird der Regelzustand in den Stromkreisen wieder hergestellt.

Die in den Empfängern induzierten Ströme werden außer zur Signalübertragung auch zur selbsttätigen Überwachung der in den drei Fällen zulässigen Höchstgeschwindigkeiten benützt. Wenn der Zug die durch den Anzeigeapparat gezeigte Geschwindigkeit überschreitet, treten die Bremsen nach fünf Sekunden von selbst in Tätigkeit. Das Gleiche tritt ein, wenn nach dem Erscheinen eines der Buchstaben die Geschwindigkeit nur zum Teil ermäßigt wird. Der Zug wird dann selbsttätig auf die vorgeschriebene Geschwindigkeit abgebremst.

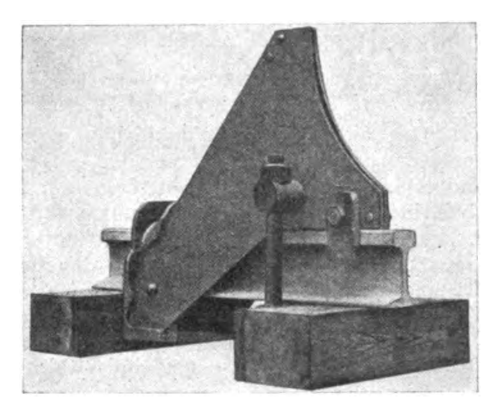
Für beide Stromkreise wird Einphasenwechselstrom von 60 Per. verwendet. Die Netzspannung von 110 Volt wird durch die Transformatoren auf 1,5 bis 18 Volt für den Gleisstromkreis und 11 bis 30 Volt für den „Schleifenstromkreis" herabgespannt. Die benötigte Leistung beträgt durchschnittlich 220 Watt je km einschließlich des Strombedarfs für die Stellwerke in den Bahnhöfen und für die Beleuchtung einzelner Stationen. Bei feuchtem Wetter erhöht sich dieser Wert um etwa 20%.

Kr.

(Revue générale des Chemins de fer 1928 August.)

Neuartiger Radschuh.

Ein Radschuh, bei dem auch die Schwelle zum Auffangen des Stoßes herangezogen wird, wurde durch eine Fabrik in Richmond in Amerika hergestellt. Die Vorrichtung kann leicht und schnell auf Schienen von 10,1 bis 17,78 cm Höhe aufgelegt werden, ohne daß eine Verschwächung der Schiene oder eine besondere Vorrichtung an dieser notwendig ist. Der Radschuh besteht aus zwei mit Zwischenfutter vernieteten, starken Stahlblechen zur Aufnahme des Rades. Der vordere Teil des Schuhes liegt auf der Schiene auf, während sich das rückwärtige Ende gabelförmig verlängert gegen die nächste Schwelle stemmt (siehe Abb.). Zwei senkrecht angenietete Lappen



Ansicht und Befestigung des Radschuhes.

halten den Schuh an der Vorderseite gegen wagrechte Verschiebung auf der Schiene fest; an der Rückseite wird der Schuh durch einen auf der Schiene aufliegenden Bügel in senkrechter Richtung festgelegt, wenn er durch ein Rad angefahren wird.

(Railway Age 1928 August S. 268.) Wa.

Die Wirtschaftlichkeit von Gleisbremsen nach amerikanischen Beobachtungen.

Im Jahre 1925 wurde in Hartford in Nordamerika als Ersatz für zwei kleinere Gefällbahnhöfe ein Verschiebebahnhof angelegt, der mit einem Sommer- und einem Winterberg, sowie mit 19 Ausscheidungsgleisen ausgestattet wurde. Die Wagen und Wagengruppen wurden von Bremsern über den Ablaufberg an ihre Aufstellplätze begleitet. Die Bremser wurden immer wieder in einem Wagen auf einem Seitengleis zum Ablaufberg zurückgebracht, so daß der Ablaufbetrieb bis zur Rückkehr der Bremser ruhen mußte. Die Ortweichen wurden durch drei Mann bedient, für den Ablaufbetrieb genügten zwei Schichten mit je fünf bis neun Bremsern. In dieser Weise wurden in einer Schicht bei 348 Weichenumstellungen 505 Wagen über den Ablaufberg gebracht.

Im Jahre 1926 wurden kraftgestellte Weichen und Gleisbremsen in Betrieb genommen. Es wurden im ganzen 37 Gleisbremsen eingebaut und die Ausscheidungsgleise um sechs vermehrt. Die Weichen und die Gleisbremsen werden nun von zwei Türmen aus bedient.

Der Ablaufbetrieb mit Bremsern und Ortweichen (A) und mit kraftgestellten Weichen und Gleisbremsen (B) wurde auf Grund von Zeitstudien verglichen. Die Zeit für den Lauf eines Wagens über den Ablaufberg beträgt nach dem Durchschnitt aus sieben Beobachtungsmonaten bei A) 47 und bei B) 29 Sekunden. Auf eine Weichenumstellung treffen 1,46 bzw. 1,44 Wagen. Zu bemerken ist, daß bei A) fast die Hälfte der Zeit für das Warten auf die Bremser anzusetzen ist, die von den abgelaufenen Wagen wieder zum Ablaufberg zurückkehren. Bei B) ist die Ablaufgeschwindigkeit von der Inanspruchnahme der Turmwärter durch die Bedienung der Weichen und Gleisbremsen abhängig. Bei A) zeigte sich, daß unter günstigen Verhältnissen der Weichensteller jede Minute eine Weichenstellung vornehmen kann, somit 460 in einer achtstündigen Schicht. Bei 1,46 Wagen auf eine Weichenumstellung bedeutet dies 670 Wagen auf die Schicht oder 734000 Wagen im Jahr. Die Zahl der Wagen, die von einem Bremser in einer Schicht begleitet werden konnten, schwankte durchschnittlich zwischen 48 und 57, bei 33 bis 39 Weichenumstellungen. Bei B) genügten die beiden Türme, bei Umstellen der Weichen allein wäre nur ein Turm benötigt gewesen. Der Vergleich der Kosten für Unfälle und Wagenbeschädigungen gibt für A) und B) das Verhältnis 4:1.

Kraftgestellte Weichen und Verwendung von Bremsern wurden als dritte Betriebsart (C) in Vergleich gebracht. Für den Kostenvergleich mußten die Kosten für Löhne, Unterhaltung und für das aufzuwendende Kapital ermittelt werden. Die Kosten für Löhne, die je nach der Betriebsart verschieden sind, zerfallen in solche, die sich ohne Rücksicht auf die Wagenzahl ergeben und in solche, die sich mit der Wagenzahl ändern. Für die Fälle A, B und C verhalten sich erstere wie 1:0,868:0,984, letztere wie 1:0:1. Die Unterhaltungskosten für die Gleisbremsen wurden als von der Zahl der ablaufenden Wagen abhängend angenommen, wobei den Hauptteil der Kosten die Teile erfordern, deren Abnützung mit der Wagenzahl wächst. Bei einer Wagenzahl von 23000 Wagen im Monat und einem Satz von 8,4 Pfennig/Wagen erreichen diese Kosten rund 1930 *ℛℳ*. In ähnlicher Weise wurden auch die Kosten der Schäden an den Anlagen nach der Wagenzahl berechnet. Beim Betrieb mit Bremsern ist ein Satz von 10 und bei Gleisbremsen ein solcher von 2,5 Pfg./Wagen angenommen. Die Schäden an den Gütern wurden vernachlässigt. Das Anlagekapital für die Einrichtung der kraftgestellten Weichen betrug 193200 *ℛℳ*, für die Einrichtung der kraftgestellten Weichen und Gleisbremsen 1323000 *ℛℳ*. In den Kostenvergleich wurden hiervon 5% für Verzinsung und 5% für Erneuerung eingestellt. Unter Berücksichtigung dieser Kosten verhalten sich für die drei Betriebsarten und für einen Wagen gerechnet die festen Ausgaben, in denen auch das Anlagekapital enthalten ist, wie 1:1:1,02 und die veränderlichen Ausgaben (darin enthalten auch die Kosten für die Beschädigungen) wie 1:0,17:1,04. Wa.

(Railway Age, November 1928, Heft 18.)

Verschiedenes.

Brückenbauwettbewerb der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft*).

Die von der Reichsbahn ausgeschriebenen Brückenbauwettbewerbe zum Ersatz der Schiffbrücken bei Speyer und Ludwigshafen sind, wie wir erfahren, zur Erledigung gebracht worden.

Die Preise für den Entwurf des Brückenbaues bei Speyer wurden wie folgt verteilt:

1. Preis: Baurat Dr. Ing. Voss, Kiel unter Mitwirkung von Landesbaurat Klatt, Kiel.
2. Preis: Architekt Rotermund, Architekt BDA, Bremen, Ingenieure: Muhr, Köpke, Balcke, Hannemann.
3. Preis: Beuchelt & Co., Grünberg (Schlesien).
4. Preis: Dr. Ing. Müller, Regierungsbaumeister, Privatdozent an der Technischen Hochschule in Berlin, Berlin-Lankwitz.

Außerdem wurden sechs Entwürfe angekauft.

*) Vergl. Organ 1929, Heft 1.

Die für den Entwurf des Brückenbaus bei Ludwigshafen ausgesetzten Preise haben erhalten:

1. Preis: Zivilingenieur Kilgus, Breslau. Perspektiven von Kunstmaler Beuthner und Architekt Pfafferott, Breslau.
2. Preis: Reichsbahnoberrat Krabbe, Reichsbahndirektion Essen.
3. Preis: Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A. G. Werk Gustavsburg, Gustavsburg bei Mainz, Grün und Bilfinger A. G., Mannheim. Künstlerischer Berater Baudirektor Abel, Köln.
4. Preis: Dipl.-Ing. Haaf, Mannheim-Neuostheim, Mitarbeiter Architekt Vorholz, Ludwigshafen (Rhein).

Außerdem wurden vier Entwürfe angekauft.

In dem Brückenbauwettbewerb für die bisherige Schiffbrücke bei Maxau wird das Preisgericht Mitte März zusammentreten. Der Bau dieser Brücke wird sich voraussichtlich noch weiter verzögern, da der Entscheid der Botschafterkonferenz noch aussteht.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.

1929

84. Jahrgang

Heft 8

15. April

ORGAN

FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.

Buchbesprechungen.

Verschiedenes.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. **H. Uebelacker**, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. **A. E. Bloss**, Dresden

84. Jahrgang **15. April 1929** **Heft 8**

Die Wirtschaftlichkeit der Diesel-Lokomotive im Vollbahnbetrieb.

Von Dipl.-Ing. **Herbert Straßer.**

Hierzu Tafel 6 im Heft 8 und Tafel 7 im Heft 9.

Die Schwierigkeiten, den Dieselmotor zum Lokomotiv-Antrieb zu verwenden, liegen hauptsächlich in der Kraftübertragung vom Motor auf die Treibräder. Um hier eine geeignete Lösung zu finden, wurden bisher verschiedene Wege beschritten, ohne daß heute schon entschieden werden kann, welcher derselben am aussichtsreichsten ist. Meist handelt es sich um kleine Leistungen, für welche die Diesel-Lokomotive verwirklicht wurde. Größere Einheiten, wie sie für den Vollbahnbetrieb in Frage kommen, sind heute nur in wenigen Versuchsausführungen gebaut und erprobt. Aus ihrer Zahl sollen drei grundsätzlich verschiedene Ausführungen herausgegriffen und einem wirtschaftlichen Vergleich mit der Heißdampflokomotive unterzogen werden:

1. Die Diesel-Elektro-Lokomotive (Versuchslokomotive für Rußland).
2. Die Diesel-Getriebe-Lokomotive (Versuchslokomotive für Rußland).
3. Die Diesel-Druckluft-Lokomotive (Versuchslokomotive der Deutschen Reichsbahn).

Die Grundlagen für die betriebswirtschaftliche Wertung einer Lokomotive sind:

1. Die Leistung der Lokomotive im Betrieb.
2. Der Aufwand für die Lokomotive.

Der Aufwand, auf eine bestimmte Leistungseinheit bezogen, ist dann das Maß für die Wirtschaftlichkeit. Damit ergibt sich für den Vergleich zweckmäßig folgende Gliederung der Ausgaben:

A. Sächliche Ausgaben.

1. Kosten für die Betriebsstoffe.
   a) Kosten für Brennstoffe (Beschaffung, Zufuhr, Umschlag, Lagerung),
   b) Kosten für Schmierstoffe,
   c) Kosten für Wasser (Beschaffung, Reinigung),
   d) Kosten für Putzmittel,
   e) Kosten für Beleuchtungsmittel,
   f) Kosten für sonstige Verbrauchsstoffe und Vorratsstücke.
2. Kosten für die Lokomotive.
   a) Kosten für Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals (Beschaffungskosten der Lokomotive),
   b) Kosten für die Ausbesserung in den Hauptwerkstätten,
   c) Anteilige Kosten für Verzinsung und Tilgung des Kapitals für die zur Unterstellung und Behandlung der Lokomotiven dienenden Anlagen und Einrichtungen.

B. Persönliche Ausgaben.

1. Kosten für das Lokomotivpersonal.
2. Kosten für Betriebshandwerker.
3. Kosten für Betriebsarbeiter.
4. Kosten für Lokomotivdienstleitung und Aufsicht.

Der Anteil der einzelnen Ausgabeposten an den Gesamtkosten hängt nun nicht allein von den Bau- und Betriebsverhältnissen der betrachteten Lokomotive ab, sondern wird auch noch von anderen Faktoren beeinflußt, insbesondere von der wirtschaftsgeographischen Lage der Bahnlinie (Brennstoff- und Wasservorkommen, Güte des Wassers, Arbeiter- und Löhnungsverhältnisse, Verkehrsdichte), ferner von der Leistungsgröße der Lokomotive, der Zuggattung und dem Streckenprofil.

Es kann also eine vergleichende Kostenaufstellung kein absolutes Werturteil über die Wirtschaftlichkeit verschiedener Lokomotivbau- und Betriebsarten erbringen, vielmehr wird dieses Urteil je nach den vorliegenden Wirtschafts- und Verkehrsbedingungen verschieden ausfallen.

Dem vorliegenden Vergleich wurden allgemein die Verhältnisse zugrundegelegt, wie sie z. Z. für die Zugförderung bei der Deutschen Reichsbahn vorliegen, im besonderen wurde die Güterzug-Dampflokomotive der Betriebsgattung G 55.15 (G 10) als Vergleichslokomotive gewählt, weil sie in Abmessung und Leistungsfähigkeit den Versuchsdiesellokomotiven sehr nahe kommt. Als Einheit der Betriebsleistung, worauf alle Ausgaben bezogen werden, ist der „Lokomotivkilometer" (Lok.km) angenommen worden.

I. Die Grundlagen für die Kostenaufstellung.

In Anlehnung an die im vorstehenden dargestellte Gliederung der Ausgaben werden im folgenden die Grundlagen für die Kostenaufstellung erörtert.

A. Sächliche Ausgaben.

1. Verbrauch an Betriebsstoffen.

Der auf 1000 Lok.km bezogene Kohlen- bzw. Treibölverbrauch ist sehr schwankend, da er unmittelbar vom Wagengewicht, von der Fahrgeschwindigkeit und den Streckenverhältnissen beeinflußt wird. Er kann daher als allgemeiner Durchschnittswert kein Bild von der Wärmewirtschaft einer Lokomotive geben. Dagegen bietet einen gewissen Maßstab der auf eine PSh bezogene Brennstoffverbrauch, der sich im Wärmewirkungsgrad ausdrückt. Er ist jedoch auch kein fester Wert, sondern ändert sich mit der Arbeitslage der Lokomotive (Geschwindigkeit, Belastung).

Da für den wirtschaftlichen Vergleich die einwandfreie Feststellung des Brennstoffverbrauchs von großer Bedeutung ist, so wurde dieser für jede der Vergleichslokomotiven unter Zugrundelegung gleicher Verhältnisse besonders ermittelt. Zu diesem Zweck wurde jeweils für eine Zugfahrt auf der Strecke Stuttgart—Ulm—München und Ulm—Stuttgart das Weg-Zeit-Diagramm (Bahndiagramm) aufgezeichnet, welches die wechselnden Geschwindigkeiten und Belastungen wiedergibt. Die bezeichneten Strecken wurden gewählt, um einen Durchschnitt über verschiedenartige Streckenprofile zu erhalten. Das Wagengewicht des Zuges (Güterzug) wurde zu 1000 t festgesetzt, die Höchstgeschwindigkeit zu 45 km/h. Die Bremsverzögerung ist gleichbleibend zu 0,3 m/sec^2 angenommen (Luftbremsung). Zur Überwindung der Steigungen von 14‰ und 22‰ wurde eine Schublokomotive der Gattung Gt 57.19 (T 20) herangezogen.

Die zeichnerische Ermittlung der Bahndiagramme ist nach dem Strahlschen Verfahren erfolgt*). Die Grundlage

*) Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1924, S. 123.



dazu bildet die für jede Lokomotive besonders ermittelte Kurve der Beschleunigungskräfte über der Fahrgeschwindigkeit (s V-Diagramm), welche sich aus der Kurve der Zugkräfte über der Fahrgeschwindigkeit (Z V-Diagramm) ableiten läßt. Bei der Dampflokomotive entspricht diese Kurve einer gleichbleibenden größten Dampflieferung des Kessels, bei der Diesel-Elektro- und Diesel-Druckluft-Lokomotive einem gleichbleibenden größten Brennstoffverbrauch des Motors, dagegen bei der Diesel-Getriebe-Lokomotive einer gleichbleibenden größten Füllung des Motors, aus der sich in Verbindung mit der Motordrehzahl der Brennstoffverbrauch ergibt.

Im Z V- und s V-Diagramm jeder Lokomotive wurde nun außer der für die größte Dauerbeanspruchung geltenden Kurve eine Schar von Kurven gleichen Dampf- bzw. Brennstoffverbrauchs eingezeichnet. Damit läßt sich im Bahndiagramm für jeden Streckenabschnitt ein der jeweiligen Lokomotivbeanspruchung entsprechender augenblicklicher Dampf- bzw. Brennstoffverbrauch feststellen und in bestimmtem Maßstab über der Zeitlinie eintragen. Auf diese Weise ergeben sich für die Dampflokomotive Dampfverbrauchsflächen, aus denen der Gesamtverbrauch der Zugfahrt ermittelt werden kann. Für die Hilfseinrichtungen (ohne Zugheizung) werden 4% zugeschlagen. Der Kohlenverbrauch errechnet sich daraus unter Annahme einer mittleren Verdampfungsziffer. Für die Fahrt bei geschlossenem Regler, wobei ebenfalls ein gewisser Kohlenverbrauch stattfindet, werden nach neueren Versuchen 0,5 kg pro m^2 Rostfläche und Minute angesetzt. Der Kohlenverbrauch für das Anheizen der Lokomotive und für das Feuerhalten in den Betriebspausen läßt sich aus dem Streckenverbrauch nach Erfahrungswerten feststellen. Für eine Güterzuglokomotive können bei günstiger Ausnutzung etwa 10% des Streckenverbrauchs angenommen werden. Aus dem Gesamtverbrauch ergibt sich der Durchschnitt für 1000 Lok.km.

Für die Diesellokomotiven wird der Brennstoffverbrauch aus den Brennstoffverbrauchsflächen des Bahndiagramms ermittelt. Dazu kommt noch der Verbrauch für den Antrieb der Hilfseinrichtungen (Kühllüfter, Hilfs-Luftverdichter, Stromerzeuger, Erregermaschine), die im vorliegenden Fall durch einen besonderen Hilfsmotor angetrieben sind. Für den Leerlauf des Hauptmotors wird der Brennstoffverbrauch zu 40 kg/h angesetzt.

Der Wasserverbrauch der Dampflokomotive ergibt sich unmittelbar aus dem Dampfverbrauch. Da das Wasser auch zu anderen Zwecken verwendet wird, so werden dafür 10% zugeschlagen. Der Kühlwasserverbrauch der Diesellokomotive (geschlossener Kreislauf) ist ganz unbedeutend und kann vernachlässigt werden.

Der Schmierstoffverbrauch läßt sich aus dem Verbrauch für Dieselmotor, Übertragungsanlage und Laufwerk vergleichsweise errechnen. Er ist für die Diesellokomotive nicht unwesentlich höher, da dort mehr bewegte Teile vorhanden sind als bei der Dampflokomotive.

Der Verbrauch an Putz- und Beleuchtungsmitteln ist von untergeordneter Bedeutung. Für Putzmittel ist bei der Diesellokomotive das Drei- bis Vierfache der Dampflokomotive anzusetzen, für Beleuchtungsmittel etwa das Doppelte bis Dreifache.

Der sonstige Stoffverbrauch betrifft Sand, Talg, Dichtungsmittel u. a., außerdem Werkstoffe und Vorratsstücke, soweit sie bei den laufenden Ausbesserungen in den Betriebswerken verwendet werden, also Lagermetall, Rotguß- und Kupferteile, Kolbenringe, kleinere Armaturen, Federn, Roststäbe und Bremsklötze. Für die Diesellokomotive kommen in Frage Brennstoffnadeln bzw. -Düsen, Ventilfedern und -Kegel, Ersatzventile, Kühlerelemente und je nach der Übertragungsart verschiedene sonstige Ersatzteile. Die Kosten für derartige Verbrauchsstoffe und Vorratsstücke liegen gegenüber der Dampflokomotive um 20 bis 30% höher.

2. Kosten für die Lokomotive.

a) Kosten für Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals.

Für die Beschaffung der Dampflokomotiven sind von der Reichsbahn Richtwerte aufgestellt worden. Nach diesen kostet eine Güterzuglokomotive, welche der G 10 entspricht, mit Tender rund 1,85 *RM* je kg Leergewicht.

Die Beschaffungskosten für Diesellokomotiven entsprechender Leistung liegen je nach der Bauart unter Umständen wesentlich höher. Bei einer Gegenüberstellung dieser Kosten ist zunächst in Betracht zu ziehen, daß der Aufbau der Diesellokomotiven verwickelter ist und daß Motor- und Kraftübertragungsanlage hochwertige Arbeit und Werkstoffe verlangen, wenn eine Betriebssicherheit gewährleistet sein soll. Dann aber darf nicht außer acht gelassen werden, daß die bisher gebauten Lokomotiven Einzelausführungen sind, welche sich weder im Entwurf noch in der Herstellung auf Erfahrungen stützen konnten. Wir dürfen also das Preisverhältnis zwischen Dampf- und Diesellokomotive keinesfalls auf Grund dieser ersten Ausführungen bestimmen. Bei ausgedehnter Verwendung der Diesellokomotive kann zweifellos mit einer günstigeren Preisgestaltung gerechnet werden, da bereits Erfahrungen in Bau und Betrieb vorliegen und überdies Reihenherstellung erfolgen wird.

Unter diesen Voraussetzungen können etwa folgende Preise je *kg* Leergewicht angesetzt werden:

Diesel-Elektro-Lokomotive .	3.00 *RM*	für	1 *kg*
Diesel-Getriebe-Lokomotive .	2.50 *RM*	„	1 „
Diesel-Druckluft-Lokomotive	2.30 *RM*	„	1 „

Während die Kilopreise voraussichtlich keinen größeren Schwankungen unterworfen sein dürften, werden die Gesamtpreise in der weiteren Entwicklung der Diesellokomotive durch Verringerung des Lokomotivgewichts einen merklichen Rückgang erfahren können. Wie schon an anderer Stelle erwähnt, sind die Motoren der Versuchslokomotiven normale Viertakt-Schiffsmotoren mit einem Gewicht von 22 bis 25 kg/PS_e. Es lassen sich aber nach dem heutigen Stand des Dieselmotorenbaus durch besondere Maßnahmen Gewichte von 10 bis 12 kg/PS_e ohne weiteres auch beim Viertaktmotor erreichen. Bei Erhöhung der Motordrehzahl kann sich eine Gewichtsverringerung unter Umständen auch auf die Übertragungsanlage erstrecken, so daß insgesamt eine nicht unerhebliche Ersparnis erwartet werden darf. Diese Möglichkeiten sollen jedoch bei Ermittlung der Beschaffungskosten für unsere Untersuchungen nicht berücksichtigt werden. Wir müssen hier noch mit den Lokomotivgewichten rechnen, wie sie für die Versuchslokomotiven tatsächlich vorliegen.

Bei der Berechnung des Kapitaldienstes wurde die Verzinsung des Anschaffungswertes zu 6%, die Tilgung zu 5% angenommen. Dabei wurde auch für die Dampflokomotive der Neuwert zugrunde gelegt. Dies ist zulässig, da der Ersatz der Dampflokomotiven durch Diesellokomotiven nach Bedarf in stetigem Fortgang erfolgen kann und damit nicht die Notwendigkeit besteht, noch brauchbare Dampflokomotiven vorzeitig aus dem Betrieb zu ziehen, wie es vielfach die Elektrisierung einer Bahnlinie mit sich bringt.

Um die Kosten für die Verzinsung und Tilgung auf 1000 Lok.km beziehen zu können, müssen wir zunächst die jährliche Lokomotivbetriebsleistung ermitteln, d. h. die Zahl der durchschnittlich in einem Jahr zurückgelegten Lok.km. Als Grundlage dafür dient:

1. die tägliche Betriebsleistung, d. h. die dienstplanmäßige km-Leistung der Lokomotive an einem Betriebstag,



2. die Zahl der jährlichen Lokomotivbetriebstage, d. s. die Tage, an welchen innerhalb eines Jahres die Lokomotive in Dienst ist.

Die tägliche Betriebsleistung.

Wir können einen Lokomotivbetriebstag (24 Stunden) einteilen in:

a) Nutzzeit A: Nutzleistung vor dem Zug, Verschiebe- und Bereitschaftsdienst,

b) Behandlungszeit B: Auf- und Abrüsten der Lokomotive vor und nach jeder Fahrt,

c) Wartezeit C: Ruhe im Feuer, Betriebspausen.

Die Ausnützung einer Lokomotive im Betrieb ist um so günstiger, je größer die Nutzzeit und je geringer die Behandlungs- und Wartezeiten sind, oder: Das Verhältnis der Nutzzeit zum vollen Betriebstag ist ein Maßstab für die Lokomotivausnutzung,

$$\frac{A}{A+B+C}.$$

Die Lokomotive ist also weitgehend ausgenutzt, wenn Nutz- und Behandlungszeiten den Betriebstag ausfüllen. Eine solche Ausnutzung der Lokomotive im regelmäßigen Dienst ist jedoch, von Sonderfällen abgesehen, nicht möglich, da selbst bei bester Einteilung der Lokomotivdienstpläne Pausen unvermeidlich sind, während welcher die Lokomotive ohne Verwendung ist. Dies ist ein wesentlicher Gesichtspunkt, der auch bei Ermittlung der Tagesleistung für die Diesellokomotive nicht außer acht gelassen werden darf, da sich sonst ein falsches Bild ergibt.

Fassen wir die täglichen Betriebspausen, wie sie an Hand einer Anzahl von Lokomotiv-Dienstplänen ermittelt wurden, zusammen, so ergibt sich im Durchschnitt eine Wartezeit von etwa 4½ Stunden, d. h. von 18 bis 20% des Betriebstags. Mit ähnlichen Wartezeiten ist auch bei Dieselbetrieb zu rechnen. Zwar ermöglicht die Diesellokomotive das Durchfahren langer Strecken ohne Unterbrechung und damit eine bessere Lokomotivausnutzung, doch kann dieser Vorteil bei europäischen Bahnverhältnissen nur wenig in Erscheinung treten. Hier fehlen in mancher Hinsicht die Voraussetzungen für lange Lokomotivläufe. Eine volle Ausnutzung der Diesellokomotive ist nur im Vorortverkehr und im Verschiebedienst möglich, wo ihre Überlegenheit besonders zutage tritt.

Aus fahrplan- und verkehrstechnischen Gründen werden sich also, was die Betriebspausen betrifft, auch für die Diesellokomotive keine wesentlich günstigeren Dienstpläne aufstellen lassen. Somit können wir als Wartezeit 16 bis 18% des Betriebstags, also etwa vier Stunden annehmen.

Von der Betriebsausnutzung der Lokomotive zu unterscheiden ist die Ausnutzungsfähigkeit. Sie läßt sich darstellen durch das Verhältnis von Nutzzeit zu Nutz- + Behandlungszeit, also:

$$\frac{A}{A+B}$$

Dieser Verhältniswert bietet einen Maßstab für den Vergleich der Fahrleistungen verschiedener Lokomotivbauarten, da er sich nur in engen Grenzen ändert. Er beträgt für die Dampflokomotive im Güterzugdienst etwa 60 bis 70%. Bei bestmöglicher Lokomotivausnutzung wird sich der Wert $\frac{A}{A+B}$ etwas erhöhen, da die Behandlungszeiten nicht in dem Maße wachsen, wie die Nutzzeiten. So erhalten wir für die Dampflokomotive als Nutzzeit rund 13 Stunden pro Betriebstag.

Um ein Bild von der Ausnutzungsfähigkeit der Diesellokomotive zu bekommen, müssen wir zunächst auf die Betriebseigenschaften von Dampf- und Diesellokomotive eingehen. Bei der Dampflokomotive erfordert die Versorgung mit Wasser und Kohle vor jeder Fahrt eine längere Vorbereitungszeit, zu der unter Umständen noch das Anheizen kommt. Ebenso bedingt das Feuerputzen, Ausschlacken, Rohr- und Rauchkammerreinigen nach Maßgabe der örtlichen Verhältnisse vielfach längere Wende- und Abschlußzeiten. Zur Vornahme der erwähnten Arbeiten muß die Lokomotive einem Betriebswerk zugeführt werden, was wiederum längere Zeit in Anspruch nimmt, da die Betriebswerke meist abgelegen und oft auch die Zufahrtsstrecken dorthin durch den Zugverkehr gesperrt sind.

Demgegenüber sind die Behandlungszeiten für die Diesellokomotive wesentlich geringer. Sie ist stets innerhalb kürzester Zeit betriebsbereit, da das Anheizen bzw. Wiederhochheizen des Kessels wegfällt. Die Brennstoffübernahme erfolgt auf einfache rasche Weise, dabei reicht der Vorrat für weit größere Fahrleistungen aus. Die Lokomotive kann von einem Zug auf den andern übergehen ohne Überführung in ein Betriebswerk. Nach den bisherigen Erfahrungen ist die Ausnutzungsfähigkeit der Diesellokomotive zu etwa 85 bis 90% anzunehmen, d. h. wir erhalten eine reine Nutzzeit von 17½ Stunden pro Betriebstag.

Da die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit der Dampf- und der Diesellokomotive etwa gleich ist, so können wir die tägliche Kilometerleistung im Verhältnis der Nutzzeiten berechnen. Nehmen wir für die Dampflokomotive als Tagesleistung 300 *km* an, so erhalten wir für die Diesellokomotive etwa $\frac{300 \cdot 17{,}5}{13} = 400$ *km*.

Nach Vorstehendem ergäbe sich also für die beiden Betriebsarten folgende Tageseinteilung:

	Dampfbetrieb	Dieselbetrieb
Nutzzeit	13,0 Std.	17,5 Std.
Behandlungszeit .	6,5 „	2,5 „
Wartezeit . . .	4,5 „	4,0 „
Tagesleistung . .	300 *km*	400 *km*

Die jährlichen Lokomotivbetriebstage.

Die Zahl der jährlichen Lokomotivbetriebstage ist abhängig von Häufigkeit und Dauer der Untersuchungen und Ausbesserungen, die an den Lokomotiven in regelmäßiger Wiederkehr in den Betriebs- bzw. Ausbesserungswerken vorzunehmen sind.

Untersuchung im Betriebswerk: Jede Dampflokomotive wird an bestimmten Tagen zur Vornahme der Kesselreinigung (Auswaschen) aus dem Betrieb gezogen. Die Zeitfolge dieser Auswaschtage hängt von den Wasserverhältnissen und von der Lokomotivbeanspruchung ab. Im Durchschnitt entfällt bei einer Güterzuglokomotive auf 9 Betriebstage ein Auswaschtag (24 Std.), der gleichzeitig zu kleineren Ausbesserungen verwendet wird.

Bei der Diesellokomotive fallen naturgemäß die Auswaschtage fort. Dafür sind von Zeit zu Zeit Untersuchungstage anzusetzen zur Vornahme der laufenden Instandhaltungsarbeiten, die sich im wesentlichen auf den Dieselmotor erstrecken. Dabei handelt es sich in erster Linie um das Auswechseln der Auslassventile und das Reinigen der Verbrennungsräume. Ferner sind die Brennstoffventile bzw. die Brennstoffdüsen zu reinigen. Bei dieser Gelegenheit werden zweckmäßig auch die Triebwerksteile des Motors durchgesehen, die Treibstangenschrauben sind auf Lockerung der Muttern zu untersuchen, wobei auch das Lagerspiel von Kolben und Kurbelzapfen nachgeprüft werden kann. Bei Motoren mit Lufteinspritzung sind am Kompressor alle

Ventile auszubauen, zu reinigen und einzuschleifen. Gleichzeitig ist die Kraftübertragungsanlage und das Laufwerk einer Durchsicht zu unterziehen, ebenso sind die Hilfseinrichtungen zu prüfen und in Stand zu setzen.

Nach den bisherigen Erfahrungen empfiehlt es sich, diese Untersuchungen in Zwischenräumen von etwa drei Wochen vorzunehmen, wofür dann ein Tag (24 Stunden) anzusetzen ist. Kleinere in der Zwischenzeit etwa notwendig werdende Ausbesserungen können während der täglichen Betriebspausen ausgeführt werden.

Untersuchung im Ausbesserungswerk: Die Untersuchung und Überholung der Dampflokomotive in den Ausbesserungswerken (Haupt- und Zwischenausbesserung) erfolgt nach einer bestimmten Kilometerleistung der Lokomotive im Betrieb, der sog. „Solleistung". Diese beträgt für die G 10 Lokomotive 85 000 *km*, doch wollen wir im Hinblick auf Mehrleistungen 90 000 *km* annehmen. Bei einem täglichen Lauf von 300 *km* wird also die Lokomotive nach 90 000 : 300 = 300 Betriebstagen in Hauptausbesserung kommen, d. h. unter Berücksichtigung der Auswaschtage und zehn sonstiger Ausfalltage nach 300 + 300 : 9 + 10 = 343 Kalendertagen. Die durchschnittliche Dauer einer Hauptausbesserung ermittelt sich für eine Güterzuglokomotive bei 8½stündiger Werkstattzeit zu 24 Arbeitstagen. Dabei ist angenommen, daß im Bedarfsfall Ersatzkessel zur Verfügung stehen, weshalb auch größere Kesselarbeiten ohne Einfluß auf die Ausbesserungsdauer sind. Rechnen wir noch mit einer Zwischenausbesserung von 7 Arbeitstagen, so ergibt sich eine gesamte Ausbesserungszeit von durchschnittlich 35 Kalendertagen. Es entfallen also auf insgesamt 343 + 35 = 378 Kalendertage 300 Betriebstage, oder auf ein Jahr 300 . 365 : 378 = 290 Betriebstage.

Die Untersuchung und Überholung der Diesellokomotive in den Ausbesserungswerken wird zweckmäßig ebenfalls nach bestimmten Weglängen im Betriebsdienst zu erfolgen haben. Der kurze Zeitraum, in welchen die bisherigen Betriebserfahrungen mit der Diesellokomotive fallen, reicht jedoch noch nicht aus, um für die Festlegung der Kilometerleistung zwischen zwei Hauptausbesserungen sichere Unterlagen zu erhalten. Ebensowenig läßt sich heute schon ein abschließendes Urteil über die Dauer einer Hauptausbesserung bilden. Es ist somit notwendig, hierfür gewisse Annahmen zu machen, die teils auf den Dampflokomotiv-, teils auf den stationären Dieselbetrieb zurückgreifen.

Von allen Teilen der Diesellokomotive ist zweifellos der Motor der größten Beanspruchung unterworfen. Um also feststellen zu können, nach welchen Weglängen eine Hauptausbesserung fällig wird, müssen wir vom Motor ausgehen. Im stationären Betrieb unter normalen Arbeitsbedingungen ist es zweckmäßig eine gründliche Überholung des Motors jährlich einmal vorzunehmen. Eine solche wird im Lokomotivbetrieb schon früher notwendig werden, denn der Motor wird durch das oftmalige Anlassen und Abstellen, sowie durch die unregelmäßige Belastung mehr beansprucht und verschmutzt als dies beim stationären Dauerbetrieb der Fall ist, auch ist normalerweise die tägliche Betriebszeit länger. Es sollen daher als Kilometerleistung bis zu einer Hauptausbesserung 85 000 Lok.km angenommen werden. Bei einer Tagesleistung von 400 *km* entspricht dies 85 000 : 400 = 212 Betriebstagen. Unter Einrechnung der Untersuchungen im Betriebswerk (jeden 21. Tag) und zehn sonstiger Ausfalltage erfolgt demnach eine Hauptausbesserung nach 212 + 212 : 21 + 10 = = 232 Kalendertagen.

Die Ausbesserungsdauer läßt sich, wie schon erwähnt, heute nur angenähert feststellen. Der Vorteil, der sich aus dem Wegfall der Kesselausbesserung ergibt, ist seit Einführung von Ersatzkesseln für die Dampflokomotive nicht mehr bedeutend. Eine gewisse Zeitersparnis wird jedoch eintreten, da bei der Dampflokomotive vielfach Kesselausbesserungen ohne Wechsel erfolgen. Von größerem Einfluß auf die Überholungsdauer ist die geringere Beanspruchung des Laufwerks bei der Diesellokomotive infolge Fehlens größerer hin- und hergehender Massen. Die Abnutzung der Lager und der Radreifen wird damit geringer. Dies trifft jedoch für die Diesel-Druckluft-Lokomotive nicht zu. Am günstigsten schneidet die Diesel-Elektro-Lokomotive ab, deren elektrische Teile bei guter Ausführung weniger der Ausbesserung bedürfen und außerdem leicht ausgewechselt werden können. Eine nennenswerte Kürzung der Ausbesserungszeiten wird sich jedoch für die Diesellokomotive im allgemeinen nicht ergeben, da Folgendes nicht übersehen werden darf.

Die Entwicklung der Dampflokomotive in Regelbauart ist ziemlich abgeschlossen. Auf Grund jahrzehntelanger Erfahrung haben sich Einheitsbauarten herausgebildet, auf welche in weitestem Maße die Grundsätze des Austauschbaues angewandt worden sind. Im Zusammenhang damit steht die Umstellung und Ausgestaltung der Werkstätten und ihrer Einrichtungen im Hinblick auf größte Wirtschaftlichkeit. So ist bei fast allen Reichsbahn-Ausbesserungswerken die fließende Fertigung durchgeführt. Derartige Maßnahmen lassen sich natürlich nur bis zu einem gewissen Grade auf solche Lokomotivbauarten anwenden, deren Entwicklung noch so im Fluß ist, wie dies bei der Diesellokomotive der Fall. Immerhin dürfen wir bei unserem Vergleich voraussetzen, daß in den Ausbesserungswerken zweckentsprechende Einrichtungen für Untersuchung und Ausbesserung der Diesellokomotiven vorhanden sind und daß schadhafte Teile weitgehend gegen Ersatzteile aus dem Werkstattlager ausgewechselt werden können.

Unter diesen Umständen ist für die Überholung der Diesellokomotive je nach Bauart mit 20 bis 25 Arbeitstagen zu rechnen. Als Durchschnitt nehmen wir 22 Tage. Zuzüglich einer Zwischenausbesserung von 5 Arbeitstagen ergibt sich dann eine gesamte Ausbesserungszeit von 31 Kalendertagen. Es entfallen also nach den früheren Ermittlungen auf insgesamt 232 + 31 = 263 Kalendertage 212 Betriebstage, oder auf ein Jahr 212 × 365 : 263 = 295 Betriebstage.

Aus der täglichen Betriebsleistung und der Zahl der jährlichen Betriebstage ermittelt sich die jährliche Betriebsleistung

für die Dampflokomotive zu 300 × 290 = 87 000 Lok./km,
für die Diesellokomotive zu 400 × 295 = 118 000 Lok./km.

b) Kosten für die Ausbesserung in den Hauptwerkstätten.

Auf 1000 Lok.km der G 10 Lokomotive entfallen etwa an Kosten

für eine Hauptausbesserung (24 Arbeitstage) .	220 *R.M*
für eine Zwischenausbesserung (7 Arbeitstage) .	70 *R.M*
zusammen .	290 *R.M*

In dieser Summe sind neben den unmittelbaren Kosten für Werkstoffe und Löhne auch die mittelbaren Kosten (Verwaltungskosten) für Gehälter, Werkzeuge, Maschinen, Gebäude, Kraft usw. enthalten, welche im Abrechnungsverfahren der D. R. B. durch einen prozentualen Zuschlag zu den Lohnkosten berücksichtigt werden.

Die Ausbesserung der Diesellokomotive wird billiger durch den Wegfall der Instandsetzung des Kessels, die bei der Dampflokomotive stets einen beträchtlichen Teil, bei ungünstigen Wasserverhältnissen bis zu 60% der Gesamtkosten, ausmacht, auch ist dort das Vorhalten einer Anzahl Ersatzkessel notwendig.

Insgesamt erfordert die Überholung geringere Ausgaben für Werkstoffe. Nach vorsichtiger Schätzung auf Grund bis-

heriger Erfahrungen können die Ausbesserungskosten für die Diesellokomotive zu etwa 80 bis 90% derjenigen der Dampflokomotive angenommen werden.

c) Anteilige Zins- und Tilgungskosten für die Lokomotivbehandlungsanlagen.

Dazu gehören die Lokomotivschuppen mit Einrichtungen für das Auswaschen der Lokomotivkessel, sowie den maschinellen Einrichtungen für die laufenden Ausbesserungen.

Die Lokomotivbekohlungsanlagen mit Einrichtungen für das Fördern und Wiegen des abzugebenden Brennstoffs.

Die Ausschlackanlagen mit Einrichtungen für das Ausblasen der Rauch- und Siederohre und für das Verladen der anfallenden Schlacke und Lösche.

Die Wasserfüllanlagen, vielfach in Verbindung mit Wasserreinigungsanlagen.

Die Kosten für Unterhaltung und Erneuerung dieser Anlagen werden im Abrechnungsverfahren der D. R. B. in einem Pauschalsatz auf die Lokomotiveinheiten*) umgelegt. Die Höhe des Satzes hängt also von dem Beschaffungswert der Anlagen und von der Zahl der auf sie entfallenden Lokomotiven ab. Auf 1000 Lokeinh.km kommen im Durchschnitt bei 10% Verzinsung und Abschreibung 50 *RM*, damit auf 1000 Lok.km der G 10 Lokomotive $3 \times 50 = 150$ *RM*.

Die Diesellokomotive erfordert für ihre Behandlung weit weniger Anlagen als die Dampflokomotive. Die Schuppenanlagen können kleiner gehalten werden, da bei gleicher Verkehrsleistung des Betriebswerks weniger Lokomotiven erforderlich sind. Die Zahl der vorzuhaltenden Lokomotiven steht im umgekehrten Verhältnis zu ihrer jährlichen Betriebsleistung. Wir können also auf Grund früherer Ermittlung die Anzahl der Diesellokomotiven zu $\frac{87000}{118000} \simeq 75\%$ der Dampflokomotiven annehmen. Die Anzahl der notwendigen Lokomotivstände entspricht beim Dampfbetrieb etwa 60 bis 70% der Betriebslokomotiven. Bei Dieselbetrieb kann dagegen als Folge der kürzeren Behandlungszeiten mit Lokomotivständen für 40% der Betriebslokomotiven gerechnet werden, d. h. auf die Anzahl der Dampflokomotiven bezogen mit $\frac{40 \times 75}{100} = 30\%$. Die Anzahl der notwendigen Lokomotivstände kann also auf weniger als die Hälfte verringert werden. Dazu kommt noch, daß durch die kürzere Baulänge der Diesellokomotive ebenfalls eine Raumersparnis erzielt wird.

Die Bekohlungsanlagen werden ersetzt durch Öltankanlagen, welche weniger umfangreich sind und sich bedeutend leichter und rascher bedienen lassen. Die Kosten für Tankanlagen sind geringer als für Bekohlungsanlagen bei gleicher Verkehrsleistung der versorgten Lokomotiven. Die Ausschlackanlagen fallen weg, ebenso die Wasserversorgungsanlagen. Das von den Diesellokomotiven benötigte Wasser kann den Wasserleitungen des Betriebswerks entnommen werden.

Der Langlauf der Diesellokomotiven bringt es weiter mit sich, daß die Stützpunkte für die Lokomotivbehandlung auseinandergerückt werden können, so daß sich insofern auch die Zahl der Tankanlagen gegenüber den bisher nötigen Bekohlungsanlagen vermindert. Es kann also die Arbeit von Zwischenbetriebswerken eingeschränkt, unter Umständen können solche ganz aufgegeben werden. Eine überschlägige Schätzung ergibt eine Verringerung an Betriebsstützpunkten um rund 25%.

Diese Erwägungen zeigen, daß die Verwendung der Diesellokomotive in bezug auf die Behandlungsanlagen große Ersparnisse mit sich bringt, es bleibt nur die Frage offen, inwieweit wir die angeführten Vorteile auch in unserer Vergleichsberechnung berücksichtigen dürfen. Bei Feststellung der Wirtschaftlichkeit einer neu zu bauenden Bahnlinie werden natürlich diese Vorteile voll zur Geltung kommen. Hingegen können sie nicht so sehr zutage treten, wenn es sich darum handelt ein bereits bestehendes Eisenbahnnetz schrittweise von Dampf- auf Dieselbetrieb umzustellen. Die vorhandenen Anlagen müssen auch weiterhin unterhalten werden, wobei die Kosten mit Einführung der neuen Betriebsart nicht in gleichem Maße zurückgehen. Immerhin ist ein merklicher Rückgang der Ausgaben für die Behandlungsanlagen zu erwarten, auch insofern als eine sonst mit wachsendem Verkehr notwendig werdende Erweiterung oder Erneuerung nicht mehr in Frage kommt.

Um diese nicht genau zu erfassenden Faktoren einigermaßen zu berücksichtigen, wird angenommen, daß die Diesellokomotive noch die Verzinsung, nicht mehr aber die Abschreibung und Erneuerung der in Wegfall kommenden Anlagen zu tragen hat. Wenn wir damit die auf 1000 Lok.km entfallenden Kosten zu 60% derjenigen der Dampflokomotive annehmen, so ist dies keinesfalls zu niedrig gegriffen.

B. Persönliche Ausgaben.

1. Lokomotivpersonal.

Die Diesellokomotive erfordert wie die Dampflokomotive zwei Mann zur Bedienung. Dabei genügt es, wenn der Dieselmaschinist gelernter Handwerker ist. Der Lokomotivführer kann, wie es z. B. bei englischen Bahngesellschaften üblich ist, ein Nichthandwerker sein. Jedenfalls liegt kein Grund vor beim Dieselbetrieb höhere Gehälter des Lokomotivpersonals anzusetzen, als beim Dampfbetrieb mit gelernten Heizern.

Um die auf 1000 Lok.km entfallenden Kosten ermitteln zu können, müssen wir zunächst auf die Diensteinteilung des Lokomotivpersonals eingehen. Für den planmäßigen Streckendienst, dem unsere Untersuchung in erster Linie gilt, ist im Dampfbetrieb größtenteils die Doppelbesetzung durchgeführt, d. h. die Benutzung derselben Lokomotive durch zwei Mannschaften innerhalb eines Betriebstags (24 Stunden). Dabei ist, wie sich aus den Diensteinteilern ergibt, die wirkliche Nutzleistung der Lokomotivmannschaft gering, da ein großer Teil der Gesamtdienstzeit ($^1/_4$ bis $^1/_3$) für Nebenleistungen verwendet wird (Vorbereitungs- und Abschlußdienst). Dieses Verhältnis gestaltet sich im Dieselbetrieb weit günstiger, da die Zeiten für das Auf- und Abrüsten kürzer werden. Dadurch lassen sich aber höhere Nutzleistungen der Lokomotivmannschaft erzielen, ohne daß die durch die Dienstdauervorschriften gezogenen Grenzen überschritten werden. Ermöglicht der Fahrplan eine hohe Lokomotivausnutzung, dann wird sich allerdings die Doppelbesetzung mit eingeschobener Zusatzmannschaft als notwendig erweisen, welche beim elektrischen Bahnbetrieb fast durchweg eingeführt ist. Im allgemeinen darf aber für die Diesellokomotive noch die reine Doppelbesetzung angenommen werden. Damit lassen sich die auf 1000 Lok./km entfallenden Personalkosten aus denen des Dampfbetriebs ableiten, da sie im umgekehrten Verhältnis zur täglichen Kilometerleistung der Lokomotiven stehen.

2. Handwerker für die Betriebsunterhaltung.

Die Betriebshandwerker haben im Betriebswerk die laufenden Ausbesserungen an den Lokomotiven vorzunehmen.

*) Um Lokomotiven verschiedener Leistungsfähigkeit in eine Rechnung einreihen zu können, sind die Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn in Lokomotiveinheiten zerlegt. Eine für jede Lokomotivgattung besonders festgelegte Zahl der Lokomotiveinheiten (Leistungsverhältniszahl) ist von der schwächsten Lokomotivgattung abgeleitet, deren Leistung mit 1 bewertet ist. Die Leistungszahlen gelten für alle Abrechnungsgebiete, also für Betriebs- und Werkstätteleistung, Personal- und Stoffaufwand. Die Leistungszahl der G 10 ist 3,0.

Dazu gehört hauptsächlich das Auswechseln von Federn, Bremsklötzen und Roststäben, das Ausgießen und Einpassen von Stangen- und Achslagern, das Auswechseln und Abdichten einzelner Feuerrohre und Stehbolzen, die Erneuerung von Kolbenringen und Armaturteilen. Weitere Arbeiten sind das Auswechseln von Radsätzen, sowie die Untersuchung der Hilfseinrichtungen (Luft- und Speisepumpe, Injektor, Vorwärmer).

Die aufgeführten Punkte treffen zum Teil auch für die Diesellokomotive zu, außerdem kommen die schon in anderem Zusammenhang erwähnten Arbeiten in Frage. Die Arbeiten für die Betriebsunterhaltung der Diesellokomotive entsprechen dem Umfang nach etwa denen an der Dampflokomotive. Die auf 1000 Lok.km entfallenden Lohnkosten können also gleich hoch angenommen werden.

3. Arbeiter für die Betriebsunterhaltung.

Die Tätigkeit der Betriebsarbeiter erstreckt sich auf die Lokomotivbehandlung vor und nach der Fahrt. Sie betrifft also das Ausschlacken (Feuerputzen), das Reinigen von Aschkasten und Rauchkammer, das Kohlenladen, das Kesselwaschen und Anheizen, sowie das Feuerhalten in den Betriebspausen. Dazu kommt noch das Verladen und Abführen der anfallenden Schlacke und Lösche. Bei der Aufstellung der Lohnkosten für die Betriebsarbeiter wird der Arbeitslohn der Kohlenlader nicht mit eingerechnet, da er bereits in dem frei Tender berechneten Kohlenpreis enthalten ist.

Da die Diesellokomotive weit weniger Behandlung bedarf bei größerer Betriebsleistung, so wird eine große Zahl von Betriebsarbeitern entbehrlich. Es werden nur noch Arbeitskräfte zur Reinigung der Lokomotive, sowie zum Brennstoff- und Wasserfassen benötigt. Die Kosten sind infolgedessen bedeutend niedriger. Bleibt wieder der Arbeitslohn für die Brennstoffübernahme ausgeschlossen, der in dem frei Lokomotive berechneten Treibölpreis enthalten ist, so können die auf 1000 Lok.km entfallenden Lohnkosten für den Dieselbetrieb zu etwa 20% derjenigen des Dampfbetriebs angesetzt werden.

4. Lokomotivdienstleitung und Aufsicht.

Die Ausgaben hierfür beziehen sich auf die Gehälter des Aufsichts- und Büropersonals im Betriebswerk.

Beim Dieselbetrieb bringt die Verringerung an Lokomotiven, an Behandlungsanlagen und Behandlungspersonal auch eine entsprechende Personalersparnis für Dienstleitung und Aufsicht mit sich. Die auf 1000 Lok.km entfallenden Gehaltskosten ergeben sich für den Dieselbetrieb zu etwa 60 bis 70% derjenigen des Dampfbetriebs.

Ermittlung des Brennstoffverbrauchs einer Zugfahrt für die Vergleichslokomotiven.

A. Heißdampflokomotive G 55.15 (G 10) der D. R. B.

Hauptgrößen:

Lokomotive:

Achsanordnung	E
Zylinderdurchmesser	630 *mm*
Kolbenhub	660 *mm*
Treibraddurchmesser	1400 *mm*
Kesseldruck	12 *atü*
Rostfläche	2,63 m^2
Wasserberührte Heizfläche	141,5 m^2
Ges. Länge über Puffer (mit Tender)	18910 *mm*
Dienstgewicht (ohne Tender)	76,6 *t*
Reibungsgewicht	76,6 *t*
Leergewicht (ohne Tender)	69,6 *t*
Höchstgeschwindigkeit	60 *km/h*
Größte indizierte Zugkraft	14500 *kg*

Tender:

Dienstgewicht	45,8 *t*
Leergewicht	22 *t*

Um die zur zeichnerischen Ermittlung des Bahndiagramms notwendigen Zugkraftkurven gleichbleibenden Dampfverbrauchs ableiten zu können, wurde die Betriebs-Charakteristik der Lokomotivmaschine aufgestellt (Textabb. 1). Als Grundlage diente die Abhandlung von Strahl: „Einfluß der Steuerung auf Leistung, Dampf und Kohlenverbrauch der Heißdampflokomotiven"*).

Zunächst wurde an Hand der von Strahl abgeleiteten Formeln der mittlere indizierte Dampfdruck p_i im Dampfzylinder für verschiedene Treibraddrehzahlen n und Füllungen ε berechnet. Hieraus ergab sich die indizierte Lokomotivleistung nach der Formel:

$$N_i = 2 \cdot \frac{d^2 . \pi . 2\,h . n . p_i}{4 . 75 . 100} = 109{,}7 . n . p_i .$$

Die errechneten Werte sind in Zahlentafel 1 aufgeführt.

Zahlentafel 1.

Indizierte Lokomotivleistung N_i der Dampflokomotive für verschiedene Drehzahlen und Füllungen.

	n = 0,5	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4
$\varepsilon = 0{,}1$	138 PSi	245	399	492	535
$\varepsilon = 0{,}2$	227 „	411	695	891	1020
$\varepsilon = 0{,}3$	304 „	559	966	1260	1470
$\varepsilon = 0{,}4$	369 „	688	1205	1585	1850
$\varepsilon = 0{,}5$	427 „	802	1415	1850	2130
$\varepsilon = 0{,}6$	471 „	890	1570	2020	—
$\varepsilon = 0{,}7$	510 „	970	1690	—	—

Weiterhin wurde, wiederum nach den von Strahl abgeleiteten Formeln, der stündliche Dampfverbrauch G der Lokomotivmaschine für verschiedene Treibraddrehzahlen n und Füllungen ε berechnet. Die Zahlenwerte sind in Zahlentafel 2 aufgeführt.

Zahlentafel 2.

Stündlicher Dampfverbrauch der Lokomotivmaschine für verschiedene Drehzahlen und Füllungen.

	n = 0,5	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4
$\varepsilon = 0{,}1$	1035 kg/h	1900	3340	4460	5320
$\varepsilon = 0{,}2$	1680 „	3120	5460	7265	8640
$\varepsilon = 0{,}3$	2340 „	4340	7660	10230	12210
$\varepsilon = 0{,}4$	3020 „	5650	10070	13600	16380
$\varepsilon = 0{,}5$	3710 „	6970	12620	17130	20450
$\varepsilon = 0{,}6$	4410 „	8400	15370	—	—
$\varepsilon = 0{,}7$	5140 „	9880	18360	—	—

Mit Hilfe der Zahlentafeln 1 und 2 wurde für die Drehzahlen n = 0,5 bis n = 4 die Betriebscharakteristik der Lokomotivmaschine aufgezeichnet (Textabb. 1). Der Dampfverbrauch der Lokomotivmaschine wird begrenzt durch die Dampferzeugung des Kessels. Nach neueren Ergebnissen aus den Versuchen des Reichsbahn-Zentralamts**) kann bei größter Dauerbeanspruchung der Lokomotive unter Berücksichtigung des Vorwärmers als obere Grenze der Heizflächenbelastung $q = D/H = 55\ kg/m^2.h$ angenommen werden. Schneiden wir in der Betriebscharakteristik die Dampfverbrauchskurven durch Linien gleicher Heizflächenbeanspruchung (Parallelen zur Abszissenachse), so lassen sich für verschiedene Dreh-

*) Hanomag-Nachrichten-Verlag G. m. b. H. Hannover 1924.

**) Glasers Annalen 1926, S. 129.

zahlen n und Heizflächenbeanspruchungen q die ind. Lokomotivleistungen ablesen. Die Werte für N_i sind in Zahlentafel 3 aufgeführt, wo auch die entsprechenden Werte für $Z_i = \frac{270 \cdot N_i}{V}$ eingetragen sind.



wo G_1 = Gewicht der Lokomotive mit Tender auf den Laufachsen.

G_2 = Gewicht der Lokomotive auf den Kuppelachsen (Reibungsgewicht

c = Erfahrungskonstante.

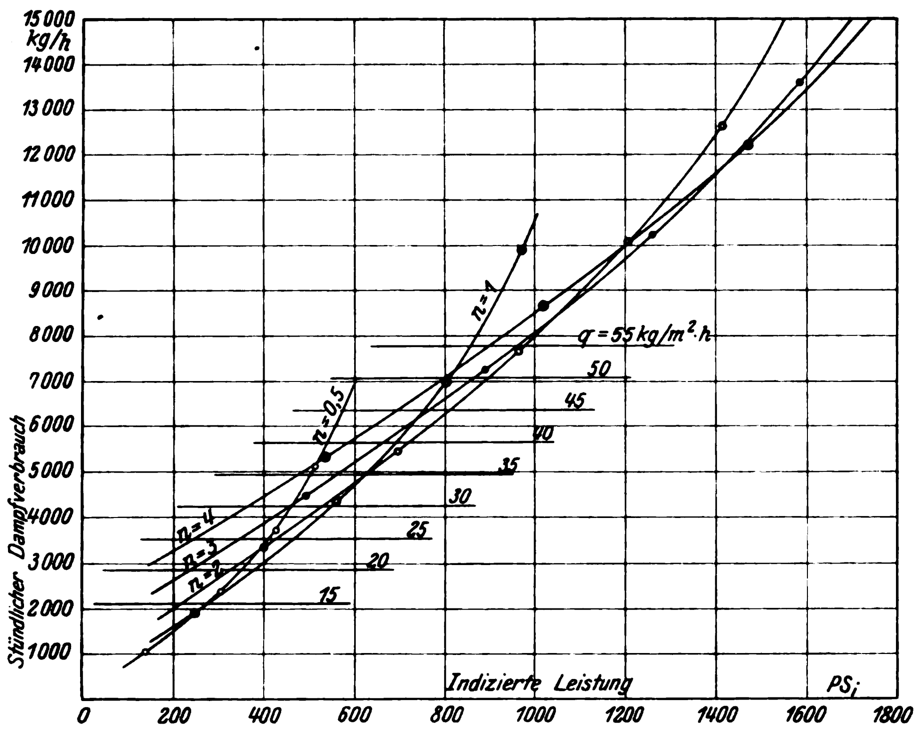


Abb. 1. Heißdampflokomotive. Stündlicher Dampfverbrauch bei verschiedenen Treibraddrehzahlen in Abhängigkeit von der indizierten Leistung.

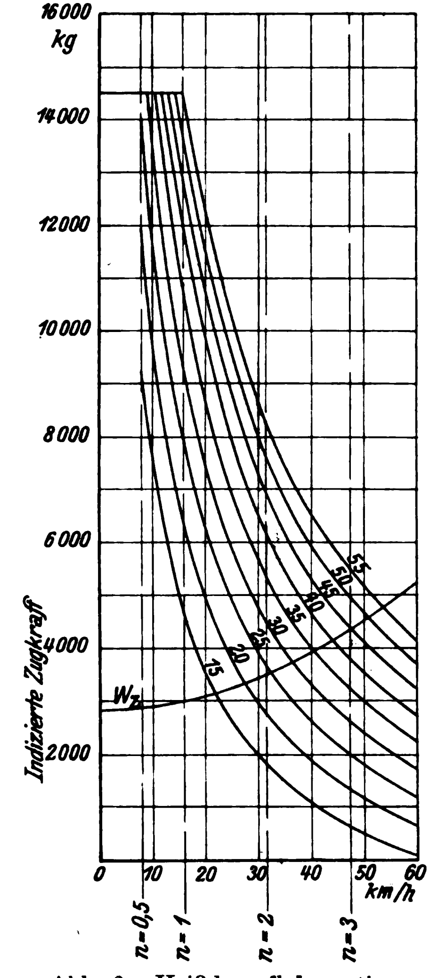


Abb. 2. Heißdampflokomotive. Zugkraftkurven gleichbleibenden Dampfverbrauchs.

Zahlentafel 3.

		n = 0,5 V = 7,91	n = 1 V = 15,82	n = 2 V = 31,64	n = 3 V = 47,46	n = 4 V = 63,28 km/h
q = 55	N_i	--	855	975	955	895 PS_i
	Z_i	—	14600	8300	5440	3820 kg
q = 50	N_i	--	810	895	865	800 PS_i
	Z_i	--	13830	7650	4925	3410 kg
q = 45	N_i	570	750	810	760	690 PS_i
	Z_i	19400	12800	6900	4325	2940 kg
q = 40	N_i	540	690	720	660	585 PS_i
	Z_i	18400	11780	6150	3755	2500 kg
q = 35	N_i	500	625	625	560	475 PS_i
	Z_i	17100	10700	5350	3185	2030 kg
q = 30	N_i	460	550	530	455	360 PS_i
	Z_i	15700	9380	4500	2590	1540 kg
q = 25	N_i	410	465	425	345	240 PS_i
	Z_i	14000	7840	3630	1965	1025 kg
q = 20	N_i	345	375	320	230	120 PS_i
	Z_i	11900	6400	2730	1310	510 kg
q = 15	N_i	270	275	215	115	-- PS_i
	Z_i	9250	4700	1830	655	-- kg

An Hand der Zahlentafel 3 wurden in Textbb. 2 die Zugkraftkurven gleichbleibenden Dampfverbrauchs über der Fahrgeschwindigkeit aufgezeichnet. Die Widerstandslinie W_Z für den Zug auf wagrechter gerader Bahn ergibt sich aus den Laufwiderständen von Lokomotive und Wagen.

Der Laufwiderstand für die Dampflokomotive ist nach Strahl auf wagrechter gerader oder schwach gekrümmter Bahn:

$$W_L = 2{,}5 \cdot G_1 + c \cdot G_2 + 0{,}6 \cdot F \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2 \text{ kg}$$

Auf Grund von Versuchen bei der R.B.D. Stuttgart hat sich gezeigt, daß der Wert des vielfach noch zugesetzten Gliedes 0,04 Z_i, das den Zusatzwiderstand der belasteten Lokomotive berücksichtigen soll, zu hoch angesetzt ist. Im allgemeinen ist schon in der Grösse $c \cdot G_2$ die Belastung der Lokomotive ausgedrückt, daher wurde das Glied 0,04 Z_i nicht mehr berücksichtigt.

Der Lokomotivwiderstand ist damit:

$$W_L = 2{,}5 \cdot 45{,}4 + 9{,}3 \cdot 76{,}6 + 0{,}6 \cdot 10 \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2 = 826 + 6 \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2 \text{ kg.}$$

Der Laufwiderstand für die Wagen ist, bezogen auf 1 t Wagengewicht auf wagrechter, gerader oder schwach gekrümmter Bahn nach Strahl:

$$W_w = 2{,}0 + (0{,}007 + m) \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2 \text{ kg/t.}$$

Für gemischte Güterzüge ist m = 1/20, somit Wagenwiderstand

$$W_W = 1000 \cdot \left[2{,}0 + 0{,}057 \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2\right] = 2000 + 57 \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2 \text{ kg.}$$

V km/h	0	10	20	30	40	50
W_L kg	826	832	850	880	922	976
W_W kg	2000	2057	2228	2513	2912	3425
W_Z kg	2826	2889	3078	3393	3834	4401

Der Steigungswiderstand für 1 *t* Zuggewicht w_s *kg/t* ist ziffernmäßig gleich dem Steigungsverhältnis.

Die Krümmungswiderstände blieben unberücksichtigt. Diese Vereinfachung beeinflußt die Genauigkeit der Untersuchung in keiner Weise, da jedem Bahndiagramm dieselben Streckenverhältnisse zugrunde gelegt sind, die im übrigen von den wirklichen mehr oder weniger abweichen können.

Die indizierten Schubkräfte Z_i der Schublokomotive T 20 wurden nach Igel*) berechnet, wobei von einer gleichbleibenden Rostbelastung B/R = 380 *kg/m* und einem wirtschaftlichen Zylinderdruck $p_i = 3{,}6$ *kg/cm* ausgegangen wurde. Die Eigenwiderstände W_{Ls} der Schublokomotive wurden wieder nach Strahl ermittelt. Unter Abzug dieser Widerstände ergaben sich die Schubkräfte am Pufferbalken.

Aus dem Z V-Diagramm der Heißdampflokomotive G 10 (Textabb. 2) wurde das s V-Diagramm (Taf. 6, Abb. 1) ermittelt. Man erhält die Werte für s, wenn man die aus dem Z V-Diagramm entnommenen Werte ($Z - W_Z$) durch das Zuggewicht G_Z dividiert. Das s V-Diagramm gibt an, welche Geschwindigkeiten die mit einem gegebenen Zuggewicht belastete Lokomotive auf den verschiedenen Steigungen dauernd einhalten kann, oder aber wie groß bei einer bestimmten Steigung und Geschwindigkeit die zur Beschleunigung des Zugs verfügbare Zugkraft pro *t* Zuggewicht ist. Für die mit Nachschub befahrene Strecke ergibt sich die im s V-Diagramm gestrichelt dargestellte s V-Linie, welche abgeleitet ist aus der Z V-Linie des größten Dampfverbrauchs der G 10 Lokomotive (Textabb. 2) und aus der Schubkraftlinie der Schublokomotive bei einem gesamten Zuggewicht von $G'_Z = 1122 + 127 = 1249$ *t*.

*) Igel, Handbuch des Dampflokomotivbaus 1923, Seite 91.

Die Bahndiagramme*) für die Heißdampflokomotive (Taf. 6, Abb. 3) ergeben:

Strecke	Entfernung	Dampfverbrauch D	Gesamte Fahrzeit	Fahrzeit bei geschl. Regler
Stuttgart—Ulm	94,0 *km*	21000 *kg*	193 Min.	24 Min.
Ulm—München	146,5 „	20850 „	223 „	17 „
Ulm—Stuttgart	94,0 „	8770 „	148 „	52 „
	334,5 *km*	50620 *kg*	564 Min.	93 Min.

Durchschnittl. Fahrgeschwindigkeit $\frac{334{,}5 \cdot 60}{564} = 35{,}5$ *km/h*.

Der Kohlenverbrauch für die Fahrt unter Dampf ergibt sich aus dem Dampfverbrauch zu B = D/z. Die mittlere Verdampfungsziffer z wird unter der Annahme, daß Steinkohle mit einem Heizwert von 7000 WE/*kg* Verwendung findet, folgendermaßen berechnet: Der Wärmeinhalt von 1 *kg* überhitztem Dampf bei 13 ata Kesseldruck und 330° C Überhitzungstemperatur beträgt etwa 745 WE. Bei einem mittleren Kesselwirkungsgrad von $\eta = 0{,}65$ (ab Vorwärmertemperatur) und 85° C mittlere Speisewassertemperatur wird

$$z = \frac{7000 \cdot 0{,}65}{(745 - 85)} = 6{,}9.$$

Der Kohlenverbrauch während der Fahrt bei geschlossenem Regler ist zu 0,5 *kg* pro m² Rostfläche und Min. angenommen. Zu dem gesamten Streckenverbrauch kommt noch ein Zuschlag von 10% für Anheizen und Feuerhalten in den Betriebspausen, sowie für den Abbrand während des Aufenthalts auf

*) Auf den beigefügten Tafeln ist für jede Lokomotive nur das Bahndiagramm der Strecke Ulm—München wiedergegeben.

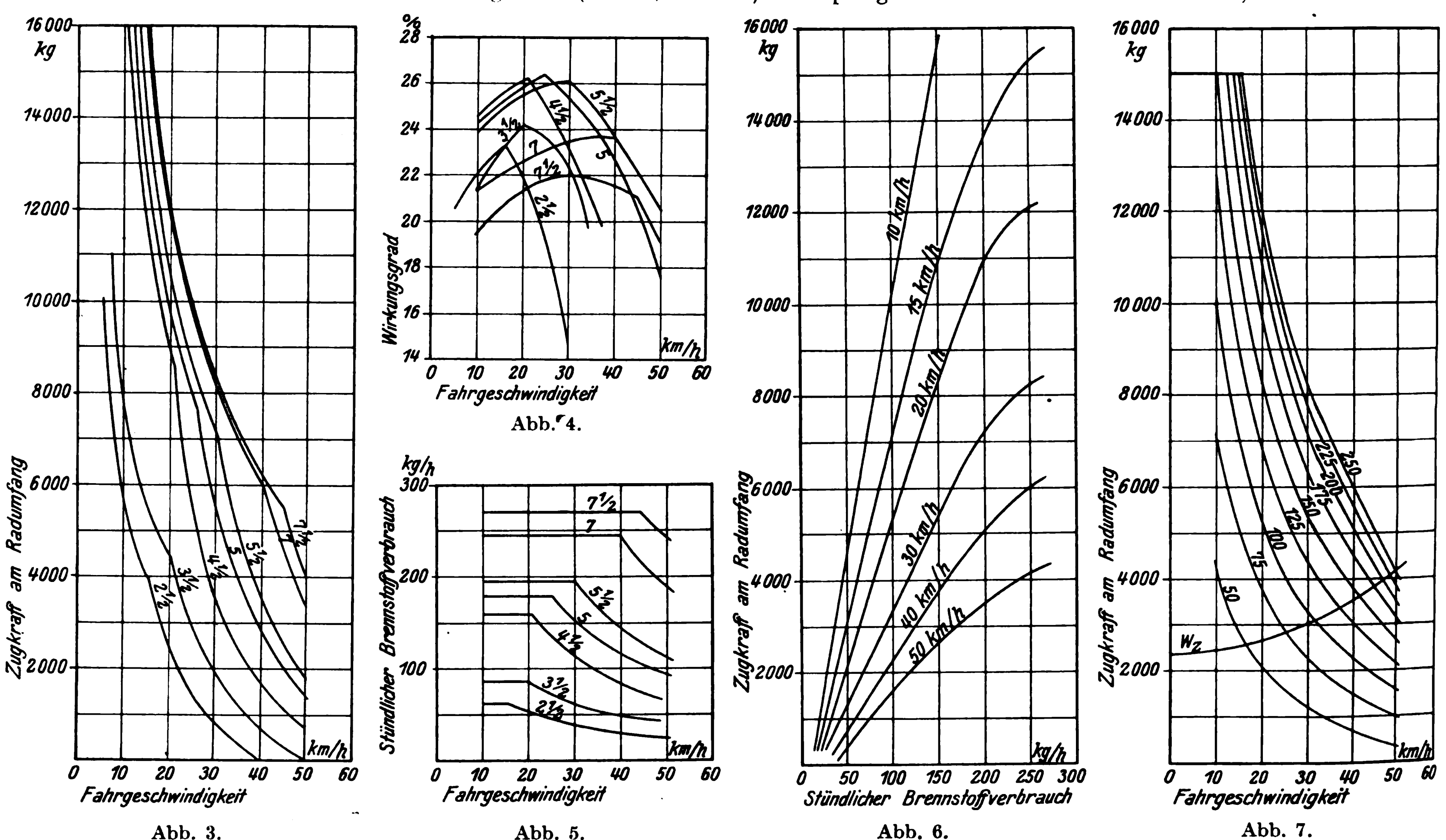


Abb. 3. Abb. 4. Abb. 5. Abb. 6. Abb. 7.
Abb. 3 bis 7. Diesel-Elektro-Lokomotive. Ableitung der Zugkraftkurven gleichbleibenden Brennstoffverbrauchs.

Unterwegsstationen. Kurze Aufenthalte wurden nicht berücksichtigt, da die während eines vorübergehenden Stillstands verbrannte Kohle zur Erhöhung des Kesseldrucks dient. Dies trifft auch für die Fahrt bei geschlossenem Regler auf kurze Strecken zu.

Damit ergibt sich folgende Aufstellung:

Fahrstrecke		334,5 *km*
Gesamte Fahrzeit	$T =$	564 Min.
Fahrzeit bei geschlossenem Regler	$T_0 =$	93 Min.
Dampfverbrauch ohne Hilfseinrichtungen	$D =$	50620 *kg*
Dampfverbrauch für Hilfseinrichtungen (4%)		2025 *kg*
Gesamter Dampfverbrauch	$D_G =$	52645 *kg*
Kohlenverbrauch für Dampferzeugung $B = D:6{,}9$	$=$	7635 *kg*
Kohlenverbrauch bei geschlossenem Regler 0,5.R.T	$=$	120 *kg*
Gesamter Streckenverbrauch	$B_S =$	7755 *kg*
Zuschlag für Anbrennen und Feuerhalten (10%)	$=$	775 *kg*
Gesamter Kohlenverbrauch für die Zugfahrt	$B_G =$	8530 *kg*

Kohlenverbrauch auf 1000 Lok.km $B = \frac{8530.1000}{334{,}5} = 25500\ kg.$

B. Diesel-Elektro-Lokomotive der Russischen Staatsbahnen.

Hauptgrößen:

Motor (mit Lufteinspritzung):

Zylinderzahl	6
Zylinderdurchmesser	450 *mm*
Kolbenhub	420 *mm*
Höchstleistung	1200 PS_e
Höchste Drehzahl	450 min.

Lokomotive:

Achsanordnung	$1-A_5-1$
Treibraddurchmesser	1220 *mm*
Gesamte Länge über Puffer	13820 *mm*
Dienstgewicht	119 *t*
Reibungsgewicht	90 *t*
Leergewicht	114 *t*
Höchstgeschwindigkeit	50 *km/h*
Anfahrzugkraft	15000 *kg*

Elektr. Ausrüstung:

Generatorleistung	800 kW
Generatorspannung	600/1000 V
Motorleistung	5 × 190 PS

Zur Aufstellung des Bahndiagramms sind zunächst die Zugkraftkurven gleichen Brennstoffverbrauchs zu ermitteln. Als Grundlage hierfür dienen die von Prof. Lomonossoff veröffentlichten Versuchsergebnisse*).

Textabb. 3 stellt die Zugkräfte am Treibradumfang über der Fahrgeschwindigkeit dar in Abhängigkeit von der sekundlichen Drehzahl des Dieselmotors. Dabei sind jeweils die Kurven der günstigsten Brennstoffüllung gewählt. Textabb. 4 zeigt die thermischen Wirkungsgrade in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit und der Motordrehzahl. Der Verbrauch der Hilfsmaschinen ist dabei bereits berücksichtigt.

*) Lomonossoff: Die Diesel-Elektrische Lokomotive, V.D.I.-Verlag, Berlin 1924.

Aus Abb. 3 und 4 wurde der stündliche Brennstoffverbrauch B über der Fahrgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Drehzahl nach der Formel:

$$B = \frac{632 \,.\, Z \,.\, V}{H_u \,.\, \eta \,.\, 270} \quad \text{mit } H_u = 10000\ \text{WE/kg}$$

ermittelt und in Textabb 5 dargestellt. Hieraus läßt sich die Zugkraft über dem Brennstoffverbrauch in Kurven gleicher Fahrgeschwindigkeit darstellen (Textabb. 6) und schließlich die Zugkraft über der Fahrgeschwindigkeit in Kurven gleichen Brennstoffverbrauchs (Z V-Diagramm, Textabb. 7).

Die Zugkraft an der Reibungsgrenze Z_R ist aus dem Reibungsgewicht der Lokomotive hergeleitet. Nach den Erfahrungen in Rußland ist der Reibungskoeffizient zu $\mu = {}^1/_6$ anzunehmen. Damit ergibt sich:

$$Z_R = \frac{90000}{6} = 15000\ kg.$$

Im Z V-Diagramm Textabb. 7 ist auch die Widerstandslinie W_Z des Zuges auf gerader ebener Strecke eingetragen. Der Laufwiderstand für die Diesel-Elektro-Lokomotive wurde in Rußland durch Versuche festgestellt. Er läßt sich ausdrücken durch die Gleichung:

$$W_L = G_L \,.\left[3 + 0{,}15 \,.\left(\frac{V}{10}\right)^2\right] = 357 + 17{,}85 \,.\left(\frac{V}{10}\right)^2 \text{kg.}$$

Wir erhalten somit:

V *km/h*	0	10	20	30	40	50
W_L *kg*	357	375	428	518	643	803
W_W „ *)	2000	2057	2228	2513	2912	3425
W_Z „	2357	2432	2656	3031	3555	4228

*) Ableitung s. früher.

Aus dem Z V-Diagramm wurde in gleicher Weise wie bei der Dampflokomotive das s V-Diagramm abgeleitet durch Division der jeweiligen Werte $(Z - W_Z)$ durch das Zuggewicht $G_Z = 1000 + 119 = 1119\ t$ (Taf. 6, Abb. 2).

Die Bahndiagramme für die Diesel-Elektro-Lokomotive (Taf. 6, Abb. 4) ergeben:

Strecke	Entfernung	Gesamter Brennstoffverbrauch	Fahrzeit
Stuttgart—Ulm	94,0 *km*	690 *kg*	191 Min.
Ulm—München	146,5 „	678 „	224 „
Ulm—Stuttgart	94,0 „	333 „	148 „
	334,5 *km*	1701 *kg*	563 Min.

Durchschnittl. Fahrgeschwindigkeit $\frac{334{,}5 \,.\, 60}{563} = 35{,}5\ km.$

Gesamter Brennstoffverbrauch für die Zugfahrt $B = 1701\ kg.$

Brennstoffverbrauch auf 1000 Lok.km $B = \frac{1701 \,.\, 1000}{334{,}5} = 5080\ kg.$

(Schluß folgt.)

Geotechnische Untersuchungen bei den Schwedischen Staatseisenbahnen.

Von Reichsbahnrat **Karl Backofen**, Stettin, Mitglied der Deutschen Forschungsgesellschaft für Bodenmechanik.

Vorbemerkung. Die geotechnische Kommission der Staatseisenbahnen wurde am 29. Dezember 1913 von der Königl. Eisenbahndirektion zu Stockholm ernannt, um die Eisenbahnstrecken nach geotechnischen Gesichtspunkten zu untersuchen und anzugeben, inwieweit Verschiebungen der Bahndämme zu befürchten seien und um Maßregeln vorzuschlagen, die man zur Sicherstellung des Eisenbahnbetriebes für nötig halte. Über die Arbeiten gibt ein schwedischer Bericht, der von der Eisenbahndirektion Stockholm zu beziehen ist, Aufschluss. — Der unten folgende Aufsatz befaßt sich mit

der Untersuchung des Baugrundes nach dem schwedischen „Vägledning vid Jordborningar för Järnvägsändamal" und „Kolvborr av John Olsson", beide Stockholm.

Man sollte meinen, daß es sehr viele Methoden zur Bestimmung der Tragfähigkeit der Böden gäbe. Dem ist nicht so. Die vorhandenen aber lassen sich nach zwei Gesichtspunkten trennen: Die eine Gruppe versucht durch Proberammung und Probebelastung, die andere durch Bodenphysik und Geologie die Festigkeitseigenschaften zu erklären. Rammung und Belastung sind sehr teuer, da sie ungefähr im Maßstab des Bauwerkes vorgenommen werden müssen, wenn sie zuverlässig sein sollen. Die Geologie kann dem Bauingenieur bestenfalls Hinweise geben und die Bodenphysik ist eine praktische Wissenschaft, die gerade im Entstehen ist und noch nicht über Erfahrungen verfügt. Als brauchbarste Methode, wenn auch teuerste, hat sich die Schürfung erhalten, denn in ihr bekommt man einen unmittelbaren Einblick in die Erdrinde; man hat hier die naturhafte Lagerung, die ursprüngliche Konsistenz und Struktur der Böden, nicht verändert durch Werkzeuge, die Durchfeuchtung und Wasserführung der Schichten vor Augen, so daß man ohne den Umweg über die Rechnung, der bei der Proberammung stets nötig wird, zu einer bestimmten Überzeugung über die Gründungsart gelangen kann. Bei großen Bauvorhaben wiegen diese Vorteile die großen Kosten auf. Nötigenfalls läßt sich eine Schürfung außerdem belasten, es darf dem Boden aber keine Gelegenheit gegeben werden, nach oben auszuweichen; es lassen sich im gewachsenen Boden auch Schubversuche anstellen u. a. m. — Eine dritte Methode zur Untersuchung der Festigkeit der Böden ist jene des Bohrens. Sie wird am meisten angewandt, weil sie die billigste ist. Zweifellos gibt sie in kurzer Zeit gewisse Aufschlüsse über die Bodenarten, aber nicht über die Bodeneigenschaften. Dieser Mangel haftet aber nicht etwa dem Bohren an sich an, sondern dem kritiklosen Bescheiden mit den feinsäuberlich geologisch bezeichneten, für den Geologen sehr wichtigen, für den Bauingenieur unwesentlichen Bohrproben, die nur selten unterschieden werden nach „weich", „zähe", „plastisch", „bröckelig" usw. Eine derartig primitive Bohrmethode kann die gesteigerten Erwartungen der heutigen Baukunst nicht erfüllen. Um so mehr sind die Methoden zu beachten, die in Schweden schon seit 15 Jahren mit gutem Erfolg angewandt werden.

Auch hier haben sich die Methoden gewandelt. Es kommen folgende Bodenarten vor: a) Moränen (Moränenkies, -sand, -lehm) in allen Korngrößen vom Block bis zum feinsten Pulver). b) Höhengeröll aus Geröll, Kies, Sand. c) Strand- und Flußkies, also Umlagerungsprodukte des vorigen. d) Sand von 2 mm an abwärts. e) Schluff, trocken: mehlig; feucht: weder zäh noch plastisch. f) Torf und seine Abarten. — Man sieht aus den topographischen und geologischen Verhältnissen, wo Bohrungen angesetzt werden müssen. Die Strecken, die bekannterweise auf Ton und Schlamm lagern sowie an Seen entlang führen, werden in erster Linie untersucht. Die Bohrquerschnitte liegen in Entfernungen von 20, 40, 60, 80, 160 m. Um die Arbeit des Bohrens auf die wirklich nötigen Stellen zu beschränken, arbeiten die Sonden vor. In der ersten Zeit verwandte man Bohrer mit rundem, vier-, sechs-, oder achteckigem Querschnitt. Man setzte einmal diesen, dann jenen Bohrer an, einmal an dieser, dann an jener Stelle, so daß man die Ergebnisse nicht miteinander vergleichen konnte. Man hat auch verschiedene Methoden angewandt, um den Bohrer in den Untergrund zu bringen; durch Druck, Stoß, Rammen mit Klotz oder Schlegel, in der Regel ohne bestimmte Fallhöhe und selten nach einem bestimmten System. Recht häufig stellte man die relative Festigkeit durch den Widerstand fest, den der Boden dem Eindrücken des Bohrers durch ein oder zwei Mann entgegenstellt; das war zwar nur eine subjektive Präzisierung, aber doch brauchbar. — Sodann kam man auf folgende Norm: Die oberste Kulturschicht wird abgenommen. Hierauf läßt man die Sonde (Abb. 1 und 2) durch ihr eigenes Gewicht solange einsinken, bis sich binnen zehn Sekunden keine abwärtsgehende Bewegung mehr zeigt. Darauf folgt die Belastung von 10, 10, 25, 25, 25, 25 kg hintereinander, das Gewicht des Gestänges einbegriffen. Bevor der Bohrer jedesmal von neuem belastet wird, dreht man ihn um 360 Grad, um einen etwaigen Widerstand zu beseitigen. Wenn der Bohrer nach 100 kg Belastung immer noch sinkt, wird unter dieser Belastung weiter gebohrt, indem man nach je zehn Umdrehungen die Bohrtiefe abliest. Wenn der Bohrer bei 50 Umdrehungen nicht mehr als 1 bis 2 cm einsinkt, ist die Bohrung beendet. Ist jedoch durch Vergleich mit einer Nachbarbohrung die Vermutung berechtigt, daß eine harte Einlagerung das Ergebnis beeinträchtigt, so muß die Sondierung wiederholt werden. Sinkt dagegen der Bohrer plötzlich stark ein, so wird entlastet und weitergedreht. Die Bohrer dürfen nicht stärker gedreht werden, als es einem Manne möglich ist. Nach Beendigung der Bohrung wird das Gestänge mit einem Exzenter und Schwengel heraufgeholt. — In der Regel bohrt man senkrecht. Vielfach muß man aber schräg bohren, z. B. um unter den Bahnkörper einer Eisenbahnstrecke zu kommen. Es ist dies bei einer zwangsläufigen Führung leicht möglich. Jede Sondenbohrung wird tabellarisch und bildlich erfaßt.

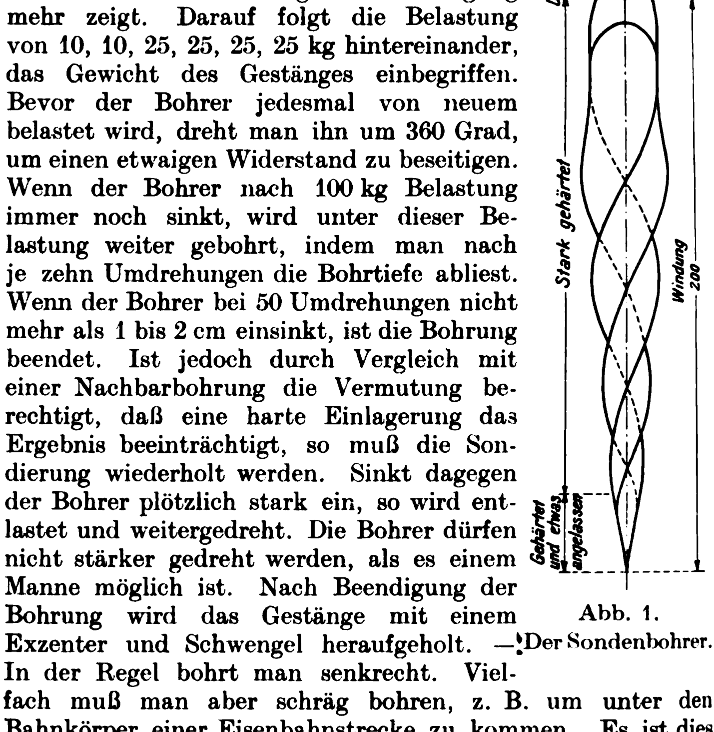


Abb. 1. Der Sondenbohrer.



Abb. 2. Die Sonde in Tätigkeit.
Belasten der Sonde und Ablesen der Einsenkung.

Muster einer Sondenbohrung.

Niederschrift über die Sondenbohrung nebst Vorbohrung.

Bohrer 19 mm Rundstahlsonde mit 25 mm Vierkantspitze.
Hauptstrecke: Norrköping—Mjölby.
Teilstrecke: Malmstedt—Bankeberg.
Bohrstellen: km 7,600; 8,000; 8,160.

Vornahme der Bohrung am 18. bis 21. Dezember 1914 von A. Andersen.
Geprüft von B. Petersen.
Bohrung Nr. 5 in km 7,600. Bodenhöhe ü. N. N. 28,55.

Belastung in kg	Halbe Umdrehungen	Tiefe der Spitze unter Gelände	Art der Bohrung. Bezeichnung der Bodenarten. Differenz zweier übereinanderstehender Zahlen gibt die Mächtigkeit der Schichten an
			Vorbohrung mit Schraubenbohrer
—	—	0,20	Sandige Ackerkrume, dunkelbraun
—	—	0,40	Untere Frostgrenze
—	—	0,60	Lehmiger Sand, gelbbraun
—	—	1,00	Ausrollgrenze
—	—	1,40	Wasser angetroffen
—	—	1,60	Sandiger Ton
—	—	1,80	Klebrigkeitsgrenze
—	—	2,60	Fließgrenze
—	—	3,00	Sandiger Ton; zäh, grau
—	—	3,40	Untere Grenze der Klumpenzone
—	—	3,50	Untere Grenze der Vorbohrung
			Sondenbohrung
0	—	3,80	Ton
5	—	4,20	Ton
15	—	5,10	Ton
25	—	5,90	Ton
25	—	6,70	Ton
50	—	8,10	Ton
75	—	9,30	Ton
100	—	10,00	Ton
—	25	10,30	Sand, schwaches Knirschen
—	25	10,50	Grus, starkes Knirschen
—	25	10,60	Desgl.
—	12	10,60	Fester Boden
—	25	10,60	Desgl.

Bohrung durch die oberste Schicht. — Diese Bohrung hat den Zweck, teils die Sondenbohrung vorzubereiten, teils die Zusammensetzung der obersten Erdschicht zu ermitteln. Der Schraubenbohrer (Abb. 3a) wird 2 dm eingeschraubt, darauf herausgezogen und von dem Boden befreit (Abb. 3b), dieser genau bezeichnet nach Zugehörigkeit, Farbe, Wassergehalt. Ausroll-, Fließ-, Klebegrenze und die untere Grenze der Klumpenzone wird gleich auf der Bohrstelle bestimmt.

a) Die Ausrollgrenze. — Ein Stück Ton oder Lehm, 1 bis 2 cm groß, von fremden Bestandteilen gereinigt, wird auf einem Papierblock mit zwei oder drei Fingern gerollt. Die Finger sollen das Bestreben haben, die Rolle nach außen zu ziehen. Wenn der Ton bei dieser Behandlung gerade noch zusammenhält und nicht in Bröckchen auseinanderfällt, liegt die Konsistenz des Bodens innerhalb der Ausrollgrenze.

b) Die Fließgrenze. Ein 3 bis 4 cm großes Stück Ton wird auf einer Porzellanschale zu einem Kuchen geformt und durch eine Furche getrennt. Man nimmt die Schale in eine Hand und stößt sie gegen die andere. Solange die Furche unverändert bleibt und die beiden Teile nicht ineinander fließen, ist die Fließgrenze nicht erreicht.

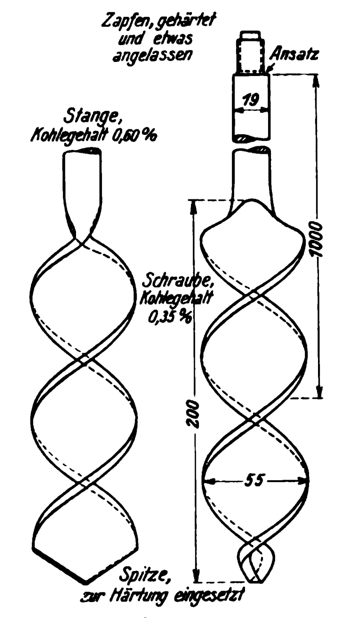


Abb. 3 a. Der Schraubenbohrer.

c) Die Klebegrenze. Ein Stück Ton wird mit einem Messer geknetet. Solange kein Ton am Messer kleben bleibt, ist die Klebegrenze nicht erreicht.

d) Die Klumpengrenze gibt den Aggregatzustand an, der beim Ton z. B. festzustellen ist, wenn es als Klumpen aus dem Bohrloch herausgeholt wird. Die Angaben a bis d werden in die Bohrtabelle und später in die Zeichnung eingetragen.

Bohrungen mit dem Zylinderbohrer. — Die Konstruktion des Bohrers ist aus der Abb. 4a ersichtlich. Zuerst bohrt man mit gewöhnlichen Bohrern bis zur Untersuchungstiefe. Alsdann wird der Zylinderbohrer angesetzt und so tief herabgeführt, daß sich die Mitte des Zylinders in jener Tiefe befindet, aus der man die Probe holen will. Hierbei muß der Bohrer etwas nach rechts gedreht werden, damit der Hohlraum gut verschlossen bleibt. Der Hohlraum wird durch eine feste, mit dem eigentlichen Bohrer fest verbundene Hülse gebildet, die einen länglichen Schlitz an der Seite hat. Diese Hülse wird von einer zweiten Hülse mit einem ähnlichen Schlitz, aber beweglich, umfaßt. Diese Hülse ist mit einer Lippe versehen. Damit nun das Stück, das als Probe heraufgeholt werden soll, nicht unnötig bewegt wird, darf der Bohrer beim letzten halben Meter nicht gedreht werden. Man entnimmt die Probe, indem man den Bohrer ein- oder zweimal nach links dreht, darauf holt die Lippe den gewünschten Boden in den Zylinderraum. Nun wird der Bohrer nach rechts gedreht und der Raum schließt sich. Beim Heraufholen des Bohrers muß fortwährend nach rechts gedreht werden, damit der Zylinder geschlossen bleibt.


Abb. 3 b. Die Bodenprobe wird vom Schraubenbohrer abgelost.

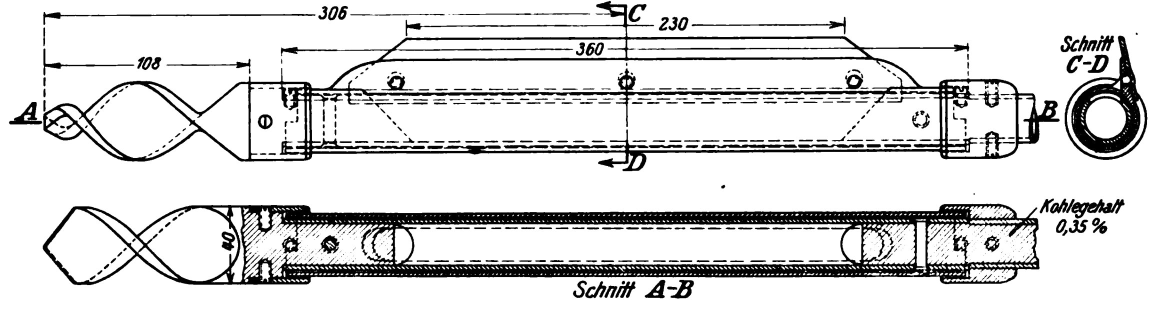


Abb. 4 a. Der Zylinderbohrer.

Oben wird der Zylinder geöffnet und seines Inhaltes entledigt (Abb. 4 b). Wenn sich der Zylinder unten im Boden nicht schließt, so ist entweder der Widerstand des Bodens zu gering oder es haben sich Sandkörner zwischen die Hülsen gesetzt. Im ersten Fall treibt man den Bohrer einige Zentimeter tiefer, im zweiten muß man die Hülsen vor Gebrauch mit sandfreiem, fettem Lehm einschmieren. — Proben werden



Abb. 4 b. Der Zylinderbohrer wird seines Inhaltes entleert. In der linken Hand hat der Arbeiter ein Glas mit Salzsäurelösung. Mit ein paar Tropfen stellt er fest, ob der Boden kalkhaltig ist.

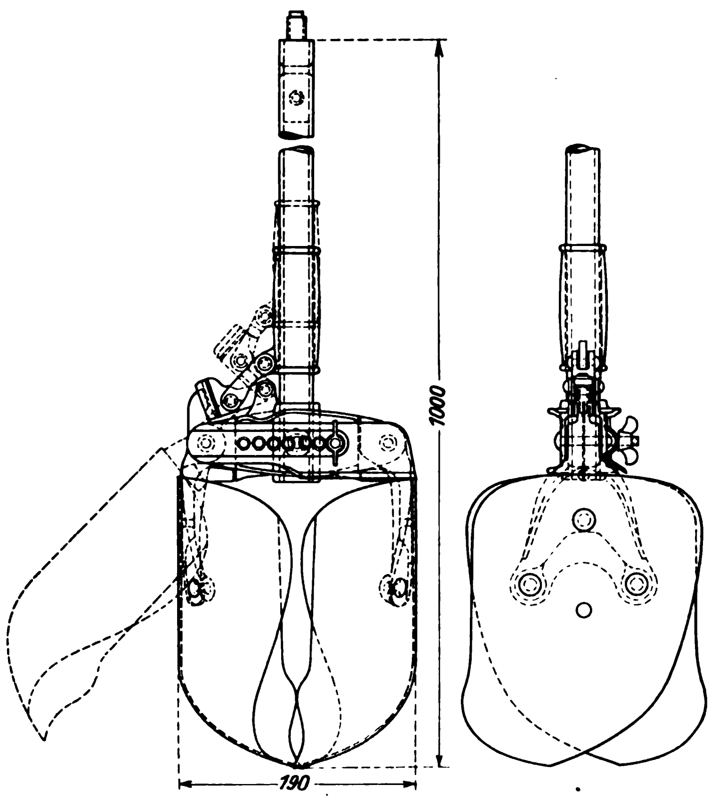


Abb. 5 a. Der Schöpfbohrer.

auch mittels des Schöpfbohrers entnommen (Abb. 5 a). Bis 10 m Tiefe ist er zu gebrauchen. Nachdem die Grasdecke entfernt ist, wird die Bohrkelle unter Rechtsdrehung so weit in den Boden geschraubt, daß sie gefüllt ist. Sie wird nunmehr heraufgezogen und entleert. Dies Spiel wiederholt sich bis zu jener Tiefe, die man untersuchen will. Die Kelle wird zuerst sorgfältig gereinigt, vorsichtig etwa 3 bis 4 cm in den Boden geschraubt, dann heraufgeholt (Abb. 5 b) und von Verunreinigungen gesäubert; sodann werden die untersten dicken Scheiben untersucht. Für allzu lockere Bodenarten eignet sich der Schöpfbohrer nicht.

Aufbewahrung der Proben. — Die Proben werden sofort nach Entnahme in Glasflaschen aufbewahrt, verkorkt und mit Paraffin verschmolzen (gegen Luft abgedichtet). Sollen nur die Böden als solche aufbewahrt werden, so genügen Fläschchen von 20 cm³ Inhalt, soll ihr Wassergehalt, die Körnung, das chemische Verhalten bestimmt werden, so braucht man Gläser mit 150 cm³. Die Probeflaschen werden sorgfältig ettiketiert. — Abb. 6 soll ein Muster sein, wie eine Bodenuntersuchung bildlich dargestellt wird. Den Wassergehalt ermittelt der Physiker im Laboratorium. — Um den Boden unter einem Eisenbahndamm zu erkennen, müssen mindestens zwei Bohrungen vorgenommen werden. Aus der Abb. 6 sieht man, daß der Untergrund beim Ansetzen des Sondenbohrers ohne Belastung sehr weich ist und nach unten fester wird. Da der Boden dort, wo er mit 100 kg belastet wird, 50 bis 40% Wasser enthält, ist er ebenfalls noch weich. Er setzt der Bohrspitze, wo sie mit 200 halben Umdrehungen gedreht wird, erst hier einen ernsthaften Widerstand entgegen. Ob er von hier an als tragfähig angesehen werden kann oder schon früher, ergibt ein Vergleich mit anderen Stellen, die standhaft geblieben sind oder auswichen.



Abb. 5 b. Entleeren des Schöpfbohrers.

Die Sondenbohrung, systematisch ausgebaut wie bei den Schweden, ergibt meines Erachtens ein hinreichend genaues Bild über die Tragfähigkeit des Bodens für den Eisenbahnbau, wo es hauptsächlich darauf ankommt zu bestimmen, ob das

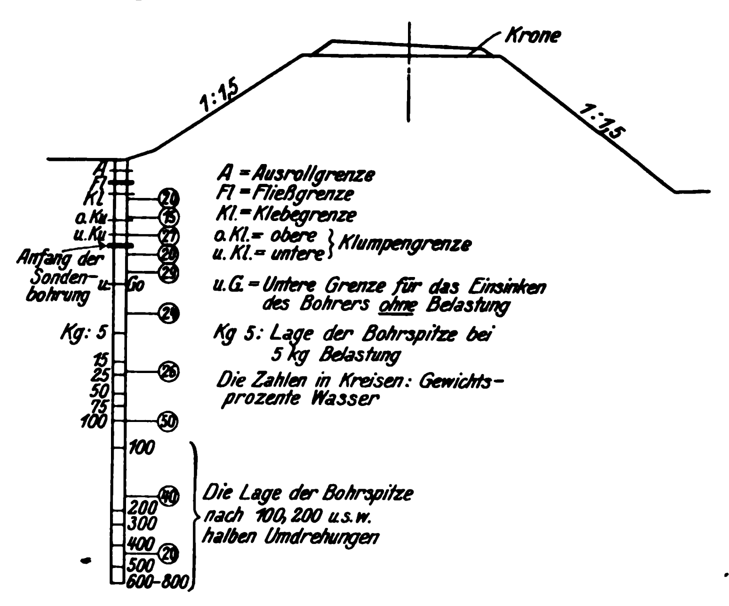


Abb. 6. Bildliche Darstellung einer Bohrung.

Gelände für tiefe Einschnitte sich eignet oder der Untergrund hohe Dämme tragen kann. Wie wir oben gesehen haben, ist man weiter gegangen und hat versucht, die Proben mit dem Gefäßbohrer in ihrer natürlichen Konsistenz heraufzuholen, aber nicht mit einwandfreiem Erfolg. Diesem Übelstand sucht nun der schwedische Kolbenbohrer abzuhelfen. Er besteht im wesentlichen aus einem Zylinder, der in die Probe hineingestochen wird; in diesen Zylinder ist ein Kolben eingepaßt, der die Aufgabe hat, das untere Ende des Zylinders beim Abteufen zu verschließen, so daß keine Verunreinigung eintreten kann; später wird mit ihm die Probe aus dem

Zylinder herausgedrückt. Der Zylinder schneidet in den Boden ein, von dem eine Probe entnommen werden soll. Man erhält dabei den Boden in natürlicher Konsistenz. Solche Proben von Ton werden mittels eines fallenden Metallkegels verschiedener Spitzenwinkel und verschiedener Gewichte in naturhaftem und geknetetem Zustand auf die relative Festigkeit geprüft. Bezeichnet man die Festigkeit eines durchgekneteten Tones mit h_1, jene eines naturhaften mit h_3, so ist das Verhältnis $h_3 : h_1$ erfahrungsgemäß charakteristisch und wird mit Festigkeitsquote bezeichnet. Die Festigkeit des mit dem Zylinderbohrer gewonnenen Bodens ist h_2. — Nicht selten schwankt die Quote bei derselben Oberschicht zwischen 10 und 100. Zweifellos hat man es hier mit Tonproben verschiedener Struktur zu tun. Je größer die Quote, desto unzuverlässiger ist der Boden. Seine Festigkeit wird ungleich besser erkannt als durch eine Proberammung.

Die schwedischen Methoden sind überall brauchbar, wo ähnliche Bodenarten vorherrschen, also besonders in der norddeutschen Tiefebene. Bekanntlich treten gerade hier im Flachland bei Erdbauten für Eisenbahnen und Kanäle große Schwierigkeiten auf. Es gibt Strecken, die jahrelang in Bewegung sind und in die viel Geld hineingesteckt wird, ohne daß eine regelrechte Untersuchung vorausgegangen wäre. Es ist hohe Zeit, daß der Erdbau wieder zu dem wird, was er früher war, nämlich zu einer Kunst. Diese wird sich dann auch gesicherter Methoden bedienen, die allein zum Erfolge führen.

Zeichnerische Bestimmung von Tangentenlängen.

Von Reichsbahn-Amtmann **Höfer**, Altona.

Im Anschluß an den Aufsatz von Massute auf S. 448 des Jahrg. 1928 sei noch auf ein Verfahren zur zeichnerischen Bestimmung von Tangentenlängen hingewiesen, das zwar einige Hilfslinien und das Abschieben einer Gleichlauflinie erfordert, sonst aber einfach und übersichtlich ist.

Man zeichne nach Abb. 1 das Lot $BA = a$ an beliebiger Stelle, trage SA auf der anderen Tangente ab ($= SA_1$), so ist

$\sphericalangle AA_1S = \frac{1}{2}\alpha$ und $\frac{a}{b} = \operatorname{tg} \frac{1}{2}\alpha$.

Trägt man R in beliebigem Maßstab vom Fußpunkt B auf BA_1 ab und zieht durch den neu erhaltenen Punkt die

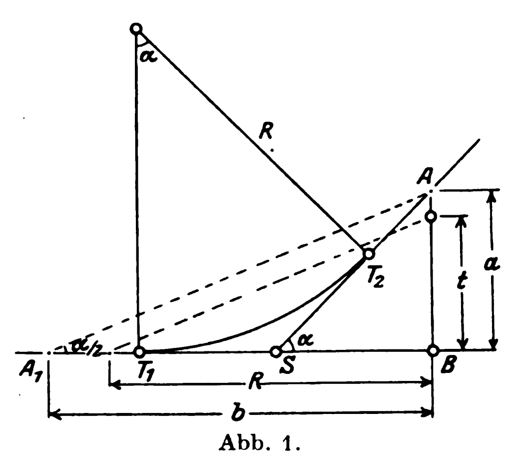


Abb. 1.

Gleichlauflinie zu A_1A, so schneidet diese auf AB die Tangentenlänge t in demselben Maßstab ab.

Abb. 2 zeigt das entsprechende Bild für einen stumpfen Winkel α; in diesem Fall wird b der Unterschied der Strecken SA und SB, während es im ersten Fall die Summe war.

Um den noch zulässigen Halbmesser R bei gegebener Tangentenlänge zu finden, trägt man t auf a ab und zieht die Gleichlauflinie durch den Endpunkt von t, wobei der Maßstab wiederum beliebig ist.

Das Verfahren vereinfacht sich noch, wenn es sich um Ausrundungsbogen zwischen Gefällinien handelt; dann erspart man das Abschieben. Da $\operatorname{tg} \frac{1}{2}\alpha$ eine reine Zahl ist, wird sie von der bei Höhenplänen üblichen Verzerrung nicht beeinflußt, abgesehen von der Überhöhung des Maßstabes. Da aber der Brechungswinkel bei den stärksten zulässigen Neigungen immer noch so klein bleibt, daß sich die Tangentenlänge von ihrer Schattenlänge nicht merklich unterscheidet, so kann man nach Abb. 3 den Halbmesser r in beliebigem Maßstab auf der Verlängerung einer Gefällinie abtragen und die Tangentenlänge des Ausrundungsbogens als senkrechten Abstand zwischen beiden Neigungen im doppelten Maßstab ablesen.

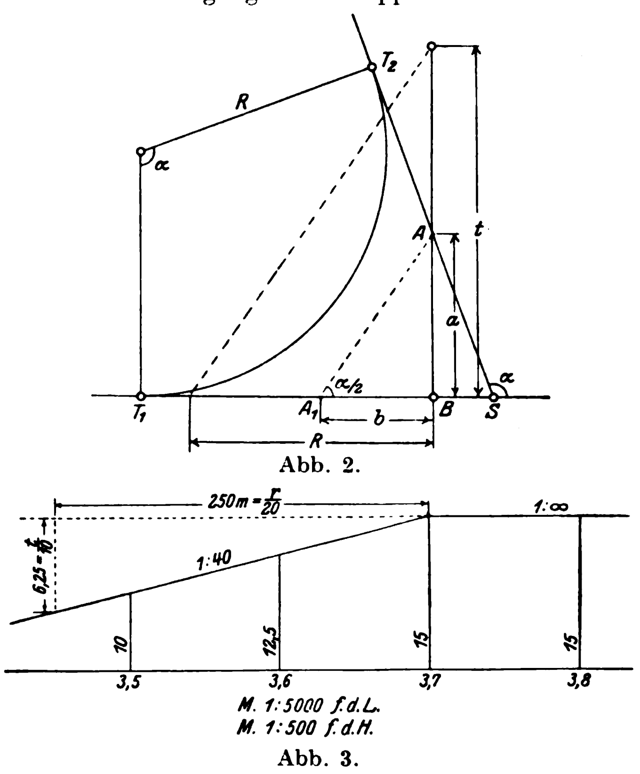


Abb. 2.

Abb. 3.

Abb. 3 zeigt den Übergang einer Neigung 1 : 40 in die Wagerechte. Der Ausrundungshalbmesser sei 5000 m. Man trage etwa $\frac{r}{20} = 250$ m im Längenmaßstab des Planes (1 : 5000) ab; die Tangentenlänge ist dann das 10fache des Abstandes 6,25 (im Höhenmaßstab 1 : 500) = 62,50 m.

Das Ergebnis entspricht der Formel $l_1 = \frac{r_1}{2} \cdot \frac{1}{m}$ auf S. 59 der Oberbauvorschriften. Die genaue Rechnung würde $t = 62{,}489$ m ergeben.

Aus amtlichen Erlassen.

Richtlinien für den Ausgleich der Erfordernisse von Bau und Betrieb bei Bauarbeiten.

Die im Laufe des Jahres 1928 von der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft herausgegebenen Richtlinien gehen davon aus, daß Bauarbeiten den Erfordernissen pünktlicher Betriebsabwicklung soweit als möglich und wirtschaftlich vertretbar anzupassen sind. Die für den Betrieb und Bau verantwortlichen Stellen haben die Wirkung von



Bauarbeiten auf den Zugverkehr rechtzeitig vor Baubeginn festzustellen und die für die Fahrplangestaltung und Durchführung, die Betriebsabwicklung und Sicherheit und die Bauplanung und Ausführung zweckmäßigsten und wirtschaftlichsten Maßnahmen gemeinsam auszuwählen. Der Betrieb wird bei Bauarbeiten ungünstig beeinflußt durch

1. Langsamfahrstrecken und Stellen, an denen gehalten werden muß,
2. Eingleisig zu betreibende Abschnitte auf zweigleisigen Strecken,
3. Unzweckmäßige Sicherungsanlagen und unzureichende Meldeanlagen.

Die Folgen sind Fahrzeitverluste, Zugverspätungen, Verluste von Zuganschlüssen, Beeinträchtigung der Zugfolge und der Leistungsfähigkeit, die Notwendigkeit von Fahrplanänderungen und von Umleitungen.

Die Richtlinien enthalten Tafeln zur Ermittlung der Fahrzeitverluste. Es können damit die Wege und Zeiten beim Bremsen und Anfahren für Streckenneigungen von $25^0/_{00}$ Gefälle bis $25^0/_{00}$ Steigung und für alle hierbei zulässigen Fahrgeschwindigkeiten errechnet werden. In § 4 der Vorschrift werden die Maßnahmen zur Verminderung der Fahrzeitverluste behandelt und hierfür eine Reihe von Richtsätzen gegeben. Bezüglich der Höhe der Geschwindigkeitsermäßigungen wird bestimmt, daß Bauarbeiten so einzurichten sind, daß möglichst nicht unter die in § 48(10) der Fahrdienstvorschriften für Signal 5 vorgeschriebenen Geschwindigkeitsermäßigungen heruntergegangen zu werden braucht. Bei Gleisarbeiten sollen keine Bauweisen angewendet werden, die eine Ermäßigung der Geschwindigkeit auf unter 20 km/Std. bedingen. Geschwindigkeitsermäßigungen auf 10 km/Std. oder Halt dürfen nur ganz ausnahmsweise z. B. bei Rutschungen, gewissen Brückenbauarbeiten, Gefahr- und Unfallstellen vorgeschrieben werden. Zur Verminderung von Fahrzeitverlusten ist in geeigneten Fällen eingleisiger Betrieb auf zweigleisigen Strecken einzurichten. Es wird in den Richtlinien als wichtig bezeichnet, daß der eingleisige Betrieb oft gleichzeitig schnellere und neuzeitliche Bauweisen und sachgemäßere, sorgfältigere und wirtschaftliche Bauausführung ermöglicht. Es soll angestrebt werden, den eingleisigen Abschnitt ohne Geschwindigkeitsermäßigung zu befahren.

Die Anzahl und Länge der auf einer Strecke gleichzeitig zu betreibenden Baustellen, die ein langsameres Fahren oder zeitweise eingleisigen Betrieb erfordern, sind möglichst zu beschränken, damit entstehende Verspätungen sich nicht auf weitere Teile des Bahnnetzes auswirken.

In einem besonderen Abschnitt behandeln die Richtlinien die Kennzeichnung der Langsamfahrstrecken durch Signale, die Sicherungseinrichtungen bei zeitweise eingleisigem Betrieb und die zweckmäßig einzurichtenden Fernmeldeanlagen.

Ein weiterer Abschnitt behandelt die Dauer der Geschwindigkeitsermäßigung und Betriebsbehinderung. Die Dauer der Geschwindigkeitsermäßigung soll möglichst eingeschränkt werden, was bei Anwendung geeigneter Bauweisen vielfach möglich ist. Bei Umbaupausen soll auf pünktliches Zusammenwirken der beteiligten Bau- und Betriebsdienststellen gesehen werden.

Wenn die betrieblichen Verhältnisse es erfordern, sollen die Bauarbeiten auf jede mögliche Weise (durch Einsatz der tauglichsten technischen Mittel, möglichst große Arbeiterrotten, Arbeiten in mehreren Schichten, gleichzeitiger Gleisvorbau von zwei, drei oder vier Stellen aus) beschleunigt werden. Auch soll angestrebt werden, daß bei Einrichtung zeitweise eingleisigen Betriebes auch alle sonstigen Bauarbeiten vorgenommen werden, die bei späterer Ausführung den Betrieb nochmals stören würden.

Als Maßnahmen zur Einholung von Zugverspätungen kommen nach den Richtlinien in Frage: Einhalten der kürzesten Fahrzeiten hinter und gegebenenfalls schon vor der Langsamfahrstrecke, Verminderung der Aufenthaltszeiten der Züge, Herabsetzung der kürzesten Fahrzeiten der Güterzüge in Gefällen durch Vermehrung der Bremskräfte, Verwendung von Vorspannlokomotiven, Lastverminderung der Züge, Beschleunigung der Züge bei Ausfahrt aus dem Bahnhof durch Nachschieben mit verfügbaren Lokomotiven, scharfe Überwachung der Betriebshandhabung durch Verstärkung der Überwachungsstellen.

Bei der Prüfung der Wirtschaftlichkeit sind die Kosten besonderer, zur Verminderung von Betriebsstörungen dienender baulicher Maßnahmen mit den dadurch im Betrieb erreichbaren Ersparnissen zu vergleichen. Die Betriebsmehrkosten setzen sich zusammen aus den Kosten der Abbremsung auf verminderte Geschwindigkeit oder auf Halt bei allen durch den Bau unmittelbar verlangsamten Zügen, den Kosten des Wiederanfahrens dieser Züge auf die vorher vorhandene Geschwindigkeit und den Kosten der Fahrt mit erhöhter Geschwindigkeit bis zur Einholung der durch den Bau erlittenen Verspätung. Die Richtlinien enthalten Angaben, wie diese Kosten überschlägig zu berechnen sind.

Von den Reichsbahndirektionen sind für die in Frage kommenden Strecken rechtzeitig vor dem Jahreswechsel Baubetriebspläne aufzustellen, in welchen die örtliche und zeitliche Aufeinanderfolge der Bauarbeiten während des ganzen Jahres, die Art der Bauarbeit, die Bauweise, die erforderlichen Geschwindigkeitsermäßigungen, die Fahrzeitverluste und die zu ihrer Einholung verfügbaren Fahrzeitüberschüsse eingetragen werden. Die Wechselwirkung zwischen Fahrplan und Bauausführung soll in Bildfahrplänen dargestellt werden.

D.

Berichte.

Allgemeines.

Automobillinien der Paris-Lyon-Mittelmeerbahnen.

Im Jahre 1909 nahm der damalige Verkehrsingenieur der Paris-Lyon-Mittelmeerbahnen Margot die erste Automobillinie in Frankreich in Betrieb, die ausschließlich dem Personenverkehr dienen sollte. Bald erkannte die Leitung dieser Eisenbahngesellschaft die großen Vorteile, die solche Verkehrslinien dem Fremdenverkehr bieten. Sie kam zu dem Entschluß, ein ausgedehntes Automobilnetz innerhalb ihres Eisenbahngebietes zu errichten. Im Jahre 1927 waren 200 solcher Automobillinien in Betrieb. Durch sie werden die für Eisenbahnlinien unzugänglichen Gebirgsgegenden der französischen Alpen- und Juragebiete an das Eisenbahnnetz angeschlossen. Ein Teil dient zur Verbesserung der Verkehrsmöglichkeit entlang von Bahnlinien, auf denen nur wenige Züge verkehren, andere führen den großen Eisenbahnverkehrsstraßen an der französischen Riviera entlang von Nizza bis Marseille. Der größte Teil dieser Verkehrslinien ist an örtliche Betriebsgesellschaften verpachtet. Diese haben eigene Automobilparks. Die Fahrzeuge müssen den von der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn vorgeschriebenen Bedingungen genügen; die wichtigsten sind folgende:

Jedes Fahrzeug ist mit zwei voneinander unabhängigen Bremsvorrichtungen auszurüsten. Als Beleuchtung ist elektrisches Licht vorgeschrieben. Jeder Wagen besitzt einen Motor mit 20 PS. Der Reisende hat Anspruch auf einen Sitzplatz mit Armlehnen. In Verwendung sind zwei verschiedene Wagenarten mit 11 bzw. 14 Sitzplätzen und möglichst niedriger Bauart.

Damit die Wagen auf allen vorhandenen Straßen verkehren können sind folgende Gewichte und Ausmaße einzuhalten:

	11 Sitze	14 Sitze
Höchstgewicht	3400 kg	3700 kg
Größte Höhe der Bedachung über der Straßenoberfläche	3,60 m	(4,10 m)
Größte Breite	2,10 m	(2,20 m)

Neuerdings werden versuchsweise Wagen verwendet, die im hinteren geschlossenen Wagenteil neun und im vorderen offenen fünf Sitzplätze haben.

Der Fahrpreis ist abgestuft zwischen 0,40 bis 0,80 Centimes für 1 km Wegstrecke. Am teuersten sind die Strecken des Alpengebietes mit ungünstigen Steigungsverhältnissen.

Einige Automobillinien durchlaufen Strecken bis 400 km Länge. Seit kurzer Zeit werden zur Beförderung des Reisegepäcks eigene Lastkraftwagen gefahren. Der Grundpreis für die Gepäckbeförderung beträgt 1,00 Fr. für 10 kg auf 10 km Entfernung.

Das von der Gesellschaft betriebene Automobilliniennetz hat eine Gesamtausdehnung von 10200 km. Im Jahre 1927 wurden 210000 Reisende befördert mit 2531000 Personenkilometern. Scherer.

(Bulletin, Oktober 1928.)

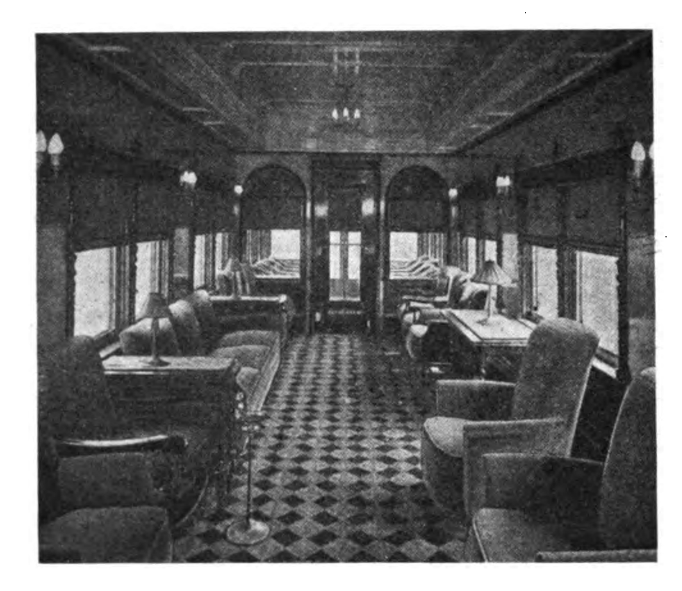
Neue amerikanische Expreßzüge.

Die Chicago und Nord West-Bahn hat vor kurzem einige neue Expreßzüge in Betrieb gestellt, deren Einrichtung teilweise neuartig und bemerkenswert ist.

Am Schluß dieser Züge läuft jeweils ein Aussichtswagen, wie dies in Amerika vielfach üblich ist. Jedoch ist bei den neuen Zügen die Aussichtsplattform mit einem Spezialglas verglast, welches die ultravioletten Sonnenstrahlen durchläßt. Die ganze Plattform wird dadurch sozusagen zu einem Bestrahlungsraum. Acht Rohrstühle mit Lederkissen bilden die Einrichtung dieses Raumes. Bei dem anstoßenden Unterhaltungsraum — wie übrigens bei sämtlichen Wagen der neuen Züge — hat man versucht, durch geeignete Wahl der Einrichtung einen anheimelnden Eindruck zu erwecken. Neben der Wahl geeigneter Farbtöne für die Polsterung der Klubsessel und Sofas und der Vorhänge und Tapeten dient diesem Zweck vor allem die Form der Schnitzereien um Fenster und Türen sowie die tiefe Anordnung der matten Beleuchtungskörper, die aus der Textabbildung ersichtlich ist. Ein Schreibtisch mit Stehlampe und ein Telephon, das während der ganzen Fahrt benützt werden kann, vervollständigen die Einrichtung.

Die Schlafwagen besitzen neben den üblichen amerikanischen Bettplätzen auch Einzelabteile für 1 oder 2 Personen. Diese entsprechen im wesentlichen der in Europa gebräuchlichen Bauart, jedoch enthalten sie u. a. eine Uhr mit leuchtendem Zifferblatt und eine bemerkenswerte Einrichtung, die es dem Schlafwagenschaffner gestattet, ohne Störung der Reisenden deren Schuhe aus dem Abteil zu holen.

Den Stamm des Zuges bilden Durchgangswagen der bekannten amerikanischen Bauart. Die Klappsitze dieser Wagen sind bei den neuen Zügen bequemer durchgebildet worden. Außerdem führen die Züge noch besondere Klubwagen — „Faulenzer“ —, die mit bequemen Klubmöbeln ausgestattet sind. In der Mitte dieser Wagen steht eine Schenke, aus der sich jeder Reisende selbst mit eisgekühltem Sodawasser und mit Kaffee versorgen kann. Das in größeren Mengen erforderliche Eis wird in Blöcken im Speisewagen hergestellt. Für die Raucher sind besondere, bewegliche Rauchtische und elektrische Zigarrenanzünder vorgesehen. Die Klubwagen besitzen noch ein besonderes Frauenabteil, das ebenfalls Klubmöbel in blauem Leder mit verschiedenen Sitzhöhen und Formen und — abweichend von der europäischen Übung — auch Rauchtische und elektrische Zigarrenanzünder aufweist.



Aussichtswagen mit Bestrahlungs- und Unterhaltungsraum.

Die weiten Entfernungen, die in Amerika im allgemeinen zu überwinden sind, rechtfertigen wohl die Einstellung derartiger Sonderwagen, zumal da der übliche amerikanische Reisewagen mit den vielen Klappsitzen in einem einzigen großen Raum nicht als besonders bequem angesprochen werden kann. Wenn man schließlich, was verhältnismäßig nahe liegt, diese amerikanischen Klub- und Aussichtswagen mit den sogenannten Pullmanwagen vergleicht, die in Europa in den letzten Jahren verschiedentlich aufgekommen sind, so ist man nicht abgeneigt, dem gemütlichen und bequemen amerikanischen Wagen den Vorzug zu geben, weil er dem Reisenden die Möglichkeit zu freier Bewegung und zum beliebigen Wechseln des Sitzplatzes gibt, was bei dem europäischen Pullmanwagen nicht der Fall ist. R. D.

(Railw. Age 1928, II. Halbj., Nr. 9.)

Werkstätten; Stoffwesen.

Fließarbeit bei der Lokomotivausbesserung in einer englischen Bahnwerkstätte.

Die englische Zeitschrift The Railway Engineer bringt in ihren Heften vom April, Mai und Juli 1928 einen ausführlichen Bericht über die Einrichtung und den Erfolg der Fließarbeit in dem Lokomotivwerk Crewe der London-Midland und Schottischen Eisenbahn, dem wir Nachstehendes entnehmen:

Das in seiner Entstehung auf das Jahr 1843 zurückgehende Werk wurde in den Jahren 1921 bis 1924 durch verschiedene einschneidende Maßnahmen wie durch Errichtung einer neuen Lokomotivaufbauhalle als Ersatz für neun ältere zerstreut liegende Hallen und einer Kesselschmiede, sowie Ausstattung der vorhandenen Werkstätten mit neuen Werkzeugmaschinen den neuzeitlichen Anforderungen in bezug auf günstige Arbeitsverfahren und abgekürzte Förderwege angepaßt. Dies gelang so gut, daß überall die Voraussetzung für die Durchführung der reinen Fließarbeit geschaffen war. Jedes der drei Schiffe der neuen Aufbauhalle enthält zwei Gleise mit Arbeitsgruben und ein Fördergleis, die von 10 und 50 t-Kränen bestrichen werden. In der Nähe der 18 Abbau- und Hebestände befinden sich die Abkochbottiche, die für ununterbrochenen Durchgang der Teile eingerichtet sind. Die Lokomotive durchläuft in 8 Abschnitten mit einem Arbeitstakt von je 7 Stunden und 50 Minuten die Halle. Die Großausbesserung einer schweren Lokomotive dauert heute 12 Tage, die einer leichten 8 Tage, gegen 30 bis 50 Tage vorher. Der Abbau nimmt zwei, die Rahmenarbeit vier Tage in Anspruch. Am 7. Tage kommen die Lauf- und eine Kuppelachse zurück und werden untergestellt, nachdem bereits am 6. der Kessel aufgebracht worden war. Die übrigen 5 Tage stehen für den vollständigen Zusammenbau zur Verfügung. Gegenwärtig laufen vier Fließgänge mit je zwölf Lokomotiven gleichzeitig. Dabei sind 17 verschiedene Gattungen in dem Werk zu unterhalten. Die Ausbesserung von Tendern und Kesseln ist in gleicher Weise eingerichtet. Der wöchentliche Auslauf beträgt 30 bis 35 Lokomotiven mit Großausbesserung. Daneben werden jährlich nach englischem Brauche in dem Werke 100 Lokomotiven neu gebaut.

Die wichtigsten Arbeiten in den einzelnen Abschnitten der Rahmenausbesserung und des Aufbaues der Lokomotiven sind folgende:

1. Schritt: Reinigen der Zylinder und Zylinderdeckel. Untersuchung des Rahmens und der Zylinder. Ausbau der Schieberbüchsen, Auswechseln der Stiftschrauben usw. an Zylindern und Rahmen. Schweißen von Anrissen. Anbringen des Kuppelgehäuses.

2. Schritt: Einbau der Schieberbüchsen. Anbringen des Drehgestellzapfens. Schleifen der Schweißstellen. Ausbohren der Schieberbüchsen. Anbau der Achslagergleitbacken.

3. Schritt: Anbringen der Gleitbahnen, Einpassen der Achslagerunterteile. Anpassen der Deichselhalter. Bearbeiten der Achslagergleitbacken. Einbau und Befestigung des Kessels.

4. Schritt: Schließen der Waschlucken, Anbringen des Kesselausblashahns, der Dampfpfeife am Kessel, der Ausblashähne und deren Züge, der Sicherheitsventile und Ölleitungen am Zylinder. Einbau der Kreuzköpfe, der Dampfkolben, Zylinderdeckel und Stopfbüchsen. Anbau des Aschkastens und der Aschkastenklappen.

5. Schritt: Unterstellen der Lauf- und einer Kuppelachse, Anbau des Behälters der Luftsaugebremse, des Kopfstückes und Zughakens, der Brems- und Steuerwellenträger, der Kolbenschieber, des Aschkastenzuges und des Schmierpressenantriebes.

6. Schritt: Anbringen der Puffer, Versteifungsplatten, Laternstützen, Luftsaugeventile, der Steuerung sowie der Verschalung am Kessel.

7. Schritt: Anbringen der Dampfrohre und Befestigung der Rauchkammer. Anbau der Dampfstrahlpumpen und des Führerhauses, des Sandzuges, der Schmierung für die Achslager, der Radkasten, des Sandbehälters und der Fußtritte.

8. Schritt: Fertigstellung der Arbeit in der Rauchkammer und am Führerhaus. Anbringen des Ausströmrohrs und der Schmierpresse.

9. Schritt: Einbau der übrigen Radsätze und der Treib- und Kuppelstangen. Anbringen der Achsgabelstege, Einstellen und Versplinten der Achsstellkeile. Befestigen der Schrauben und Muttern am Drehzapfen der Einstellachse. Anbau der Zylinderausblasrohre und der Ölleitungen.

10. Schritt: Anbringen der Bremse und Sandrohre, der Dampfkammerdeckel und Abdeckungen. Einstellen der Steuerung und Abwiegen der Lokomotive.

Zwei im Freien aufgestellte Winden bewegen die Drahtseile, an denen die Lokomotiven von Stand zu Stand gezogen werden. Kurz vor ihrem Ingangsetzen ertönt ein lautes Achtungssignal. Der Zeitpunkt der nächsten Bewegung im Arbeitstakt ist außerdem an großen Uhrzeigern in den Aufbauhallen zu erkennen.

Die Seele des ganzen Fließganges ist das Büro zur Überwachung des Arbeitsganges. Dazu werden genaue Aufschreibungen über den Stand der Arbeiten in jedem einzelnen Abschnitt des Durchlaufes der Lokomotive geführt, ferner werden täglich kurze Besprechungen über die Bereitstellung der notwendigen Stoffe, die Beseitigung aufgetretener Schwierigkeiten und dergl. abgehalten. Das Ergebnis der Aussprache wird sofort vervielfältigt und an die einzelnen Abteilungen gesandt.

Die Laufzeit einer größeren Personenzuglokomotive von einer Hauptausbesserung bis zur nächsten ist im allgemeinen auf 12 Monate festgesetzt, diejenige von Güterzuglokomotiven auf 18 bis 30 Monate. Jedoch muß die Lokomotive am Ende dieses Zeitraumes nicht unbedingt dem Werk zugeführt werden, sie wird vielmehr zwei Monate vor Ablauf dieses Zeitraumes im Betriebe eingehend besichtigt, das Ergebnis wird schriftlich dem Werk mitgeteilt, das dann auf Grund der Beurteilung darüber entscheidet, ob die Lokomotive weiter im Dienst bleiben kann oder mit Ablauf der Frist zur Ausbesserung kommen muß. Zwei Monate vor dem Ende der Verlängerungsfrist findet eine neue Untersuchung statt. Hierbei zeigt sich öfter, daß die Lokomotive noch weiterhin Dienst leisten kann. Dieses Verfahren gestattet nicht nur, die bei der letzten Hauptausbesserung aufgewendete Werkarbeit fast vollständig auszunützen, sondern gewährleistet auch eine regelmäßige gewissenhafte Untersuchung jeder der 10000 Lokomotiven der London-Midland- und schottischen Bahn. Jede Woche werden diejenigen Lokomotiven bezeichnet, welche zur Aufnahme reif sind. Der Betriebsmaschinendienst führt die nach der Verkehrslage am besten entbehrlichen Lokomotiven sodann dem Werk zu.

An der eingegangenen Lokomotive werden in den ersten zwei Tagen die auszuführenden Arbeiten genau aufgenommen und auf Formblättern den in Betracht kommenden Abteilungen mitgeteilt, worauf dann die Gedingezettel ausgestellt werden. Die Teile werden nach festgelegten Abnützungsstufen bearbeitet, welche von den Arbeitsaufnehmern mit Grenzmaßen festgestellt werden.

Durch die Arbeitsorganisation konnte nicht nur die Arbeiterzahl vermindert werden, sondern es wurden auch die sächlichen Ausgaben für Werk- und Betriebsstoffe, Gebäudeunterhaltung usw. verringert.

Bttgr.

Lokomotiven und Wagen.

B_0+B_0-Dieselelektrische Lokomotive der Long Island-Bahn und $2\,D_0\,2$-Dieselelektrische Güterzuglokomotive der New York Central-Bahn.

Die B_0+B_0-Lokomotive, die seit Mai v. J. im Verschiebedienst verwendet wird, läuft nicht auf zwei Drehgestellen, wie dies sonst in Amerika bei derartigen Lokomotiven die Regel ist, sondern besteht aus zwei Einzellokomotiven, die durch die übliche Kupplung miteinander verbunden sind. Jede Einzellokomotive besitzt einen vollständigen Maschinensatz; jedoch bleiben die beiden Teile im Betrieb stets zusammen. Die Schalthebel sind daher zunächst nur an den äußeren Lokomotivenden vorgesehen; es besteht aber die Möglichkeit auch die Innenseiten der beiden Einzellokomotiven damit auszurüsten, sofern sich eine Trennung der beiden Teile einmal als erforderlich erweisen sollte.

Die kompressorlose Westinghouse Beardmore-Dieselmaschine jeder Lokomotivhälfte arbeitet im Viertakt und entwickelt 330 PS. Ihre Umdrehungszahl ist zwischen 300 und 800 i. d. Min. regelbar. Die sechs Zylinder von 210 mm Durchmesser und 305 mm Hub stehen senkrecht. Jede Maschine wiegt rund 3200 kg, also 9,7 kg/PS; das Gewicht der fertigen Lokomotive — beider Lokomotivhälften — beträgt 79 t. Jede Dieselmaschine treibt einen 210 kW Stromerzeuger. Die beiden Lokomotivhälften werden durch je zwei vollständig gekapselte Elektromotoren über Übersetzungen 16:66 angetrieben. Der Durchmesser der Treibräder beträgt 965 mm, die Höchstgeschwindigkeit der Lokomotive 48 km/h.

Jede der beiden Lokomotivhälften kann 790 l Brennstoff mitführen. Die Behälter hierzu und die Kühleranlage sind im Inneren der Lokomotive so angeordnet, daß sie einen leichten Ein- und Ausbau der Maschinenanlage gestatten.

Die Lokomotive soll bisher den Erwartungen voll entsprochen haben.

Die $2\,D_0\,2$-Lokomotive ist von der Amerikanischen Lokomotiv-Gesellschaft gebaut worden unter Mitwirkung der General Electric- und der Ingersoll-Rand-Gesellschaft, welch letztere die elektrische Ausrüstung und die Dieselmaschine geliefert haben. Sie ist bemerkenswert als die erste amerikanische Diesel-Lokomotive, die nicht ausschließlich auf Drehgestellen läuft oder, wie die oben beschriebene Lokomotive, aus mehreren gekuppelten kleineren Einheiten zusammengesetzt ist, und die im wesentlichen für den Streckendienst bestimmt ist.

Die Lokomotive besitzt — auch an den Drehgestellen — Außenrahmen aus Stahlguß. Die Tragfedern der Treibachsen sitzen über den Achsbüchsen und sind je zwischen den beiden äußeren Radsätzen durch Ausgleichhebel verbunden. Alle Achsen sind einseitig gebremst. Der Lokomotivkasten ist über einem Stahlguß-Grundrahmen aufgebaut, der auch die ganze Maschinenanlage trägt. Die Führerstände an den beiden Lokomotivenden sind vom eigentlichen Maschinenraum abgeschlossen; dieser enthält außer dem Maschinensatz den Kühler mit zwei Ventilatoren und einem Kühlwasserbehälter, zwei Öltanks mit je 1130 l Inhalt, den Kompressor für die Druckluftbremse, einen Kompressor zur Erzeugung der zum Anlaufen erforderlichen Druckluft, der mit der Hauptmaschine gekuppelt ist, und schließlich noch einen mittels Explosionsmotor besonders angetriebenen kleineren Kompressor, der von Hand angelassen werden kann und die erforderliche Druckluft liefert, für den Fall, daß gerade keine Druckluft zum Anlassen der Hauptmaschine zur Verfügung steht.

Die kompressorlose Dieselmaschine hat sechs Zylinder von 375 mm Durchmesser und 406 mm Hub, die mit 500 Umdr./Min. im Viertakt arbeiten und 750 PS leisten. Zum Anlassen dient, wie oben erwähnt, Druckluft. Die elektrische Ausrüstung besteht im wesentlichen aus dem Stromerzeuger mit Erregermaschine und vier Bahnmotoren, von denen je einer jede der vier Treibachsen antreibt. Die Schaltung ist so vorgesehen, daß auch zwei Lokomotiven zusammen gesteuert werden können.

Die Hauptabmessungen der Lokomotive sind:

Ganze Länge	15875 mm
Ganzer Radstand	13056 „
Fester Radstand (Treibachsen)	5334 „
Durchmesser der Treibräder	1118 „
Dienstgewicht	134,0 t
Reibungsgewicht	79,5 „
Größte Zugkraft	23800 kg
Dauer-Zugkraft	9400 „

Auch bei dieser Lokomotive ist somit, wie bisher allgemein bei allen Diesellokomotiven und im besonderen bei den in Amerika gebauten, der Aufwand an Dienstgewicht noch viel zu hoch im Verhältnis zu der erzielten Leistung. Die $B_0 + B_0$-Lokomotive ist in dieser Beziehung etwas günstiger. R. D.

(Railw. Age 1928, 1. Halbj., Nr. 25 und 2. Halbj., Nr. 3.)

Sentinel-Dampftriebwagen der London und Nordostbahn.

Mit den bisher in England gebauten Sentinel-Dampftriebwagen*) scheint man gute Erfahrungen gemacht zu haben. Die Firma Camell Laird und Co. in Nottingham hat daher unter Beibehaltung der wesentlichen Teile, Kessel und Zylinder, diese Bauart weiter vervollkommnet. Die neuen Wagen sind mehr den Erfordernissen des Betriebs auf Hauptbahnen angepaßt worden; vor allem ist die frühere Gelenkanordnung mit Faltenbalg-Verbindung verlassen und der ganze Wagen auf durchgehenden Hauptträgern aufgebaut worden. Die frühere Gelenkbauart war zwar für das Durchfahren scharfer Krümmungen sehr geeignet; für die starken Beanspruchungen auf Zug und Stoß, denen ein Wagen auf Hauptbahnen ausgesetzt ist, konnte sie jedoch nicht mehr genügen. Weiter dienen jetzt zur Kraftübertragung nicht mehr Ketten und Blindwelle, sondern ein Kardan-Antrieb in Verbindung mit einem Kegelgetriebe.

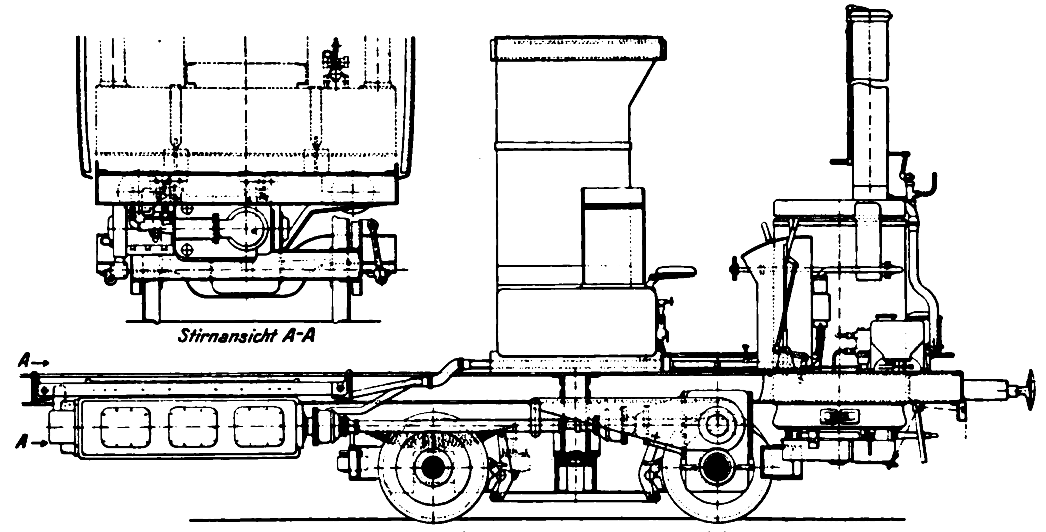


Abb. 1. Anordnung der Dampfmaschine.

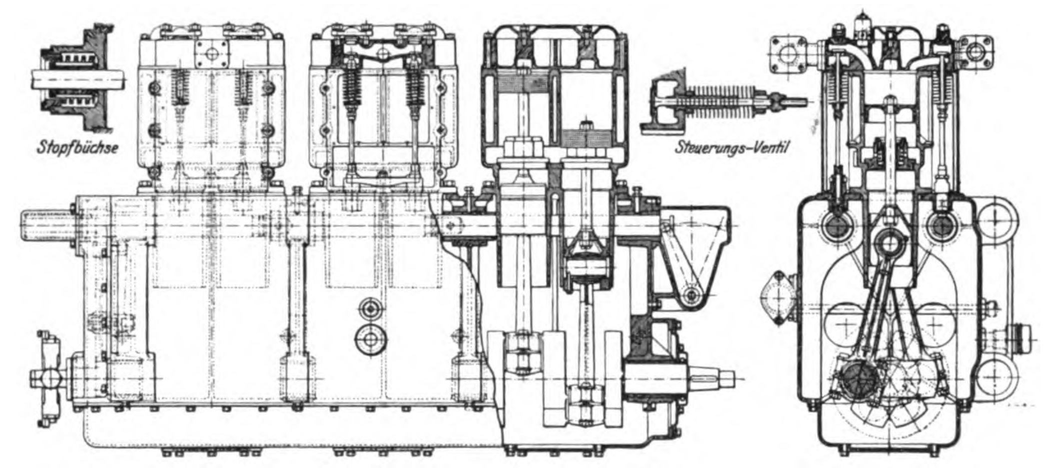


Abb. 2. Anordnung der Dampfzylinder.

Abb. 1 und 2. Sentinel-Dampftriebwagen der London und Nordostbahn.

Zur Zeit sind 40 derartige Wagen im Bau, davon 20 Stück für die London and North Eastern Bahn. Die Wagen sind ganz aus Stahl gebaut und haben 59 Sitz- und 20 Stehplätze. Sie laufen auf zwei zweiachsigen Drehgestellen, die in Anlehnung an die in England hierfür übliche Bauform entworfen sind. Das Dienstgewicht der Wagen beträgt 29,15 t, davon entfallen 18,9 t auf das angetriebene Drehgestell.

Die Dampfmaschine, die nach Textabbildung 1 quer unter dem Wagenkasten angeordnet ist, besteht aus sechs einfach wirkenden, umsteuerbaren Zylindern von je 152 mm Durchmesser und 178 mm Hub. Sie besitzt Preßölschmierung; alle Teile sind leicht zugänglich. Die Ventilsteuerung mit Nocken-Antrieb gibt drei Füllungen für jede Fahrtrichtung. Die Kurbelwelle ist viermal gelagert. Textabbildung 2 zeigt die Dampfmaschine im Schnitt.

Der Kardan-Antrieb und das Getriebe weisen wenig Besonderheiten auf. Die Welle ist ausziehbar, so daß sie den Bewegungen des Drehgestells folgen kann. Das Getriebe besteht aus einem Paar Kegelrädern und einem Paar Stirnrädern, die sämtlich auf Rollenlagern laufen. Angetrieben wird nur eine Achse des unter der Maschinenseite des Wagens liegenden Drehgestells und zwar die äußere. Das Getriebe ist in der Breite so

*) Organ 1924, S. 392 und 1926, S. 413.

gehalten, daß es ohne Änderung bis herab zu 762 mm Spurweite verwendet werden kann.

Der Sentinel-Kessel besteht im wesentlichen aus zwei ineinander gesteckten zylindrischen Mänteln, die oben und unten umgebördelt und miteinander verschraubt sind. Er enthält im oberen Teil des Feuerraumes einen Rohrschlangen-Überhitzer. Die Abmessungen sind gegenüber den früher beschriebenen Wagen etwas vergrößert worden. Der Kesselüberdruck beträgt 21,3 at; die erreichbaren Dampftemperaturen sollen sich zwischen 340 und 375°C betragen.

Die Wagen besitzen einen Wasservorrat von 1,45 m³, der für etwa 100 km Fahrtleistung ausreichen soll; für künftig ist jedoch ein größerer Vorrat vorgesehen. Die erforderlichen Nachfüllvorrichtungen sind auf jeder Seite des Führerhauses vorhanden. Der Kohlenvorrat von 1,5 t soll für annähernd 500 km Fahrtstrecke genügen. Die erforderlichen Schalthebel sind an beiden Wagenenden vorhanden.

Die bisherigen Versuchsfahrten mit diesem Wagen haben gezeigt, daß er leicht Geschwindigkeiten von 90 km/h erreichen kann, ohne daß irgendwelche störende Erschütterungen oder Anstände an der Maschine und dem Getriebe aufgetreten wären. Der Wasser- und Kohlenverbrauch ist bisher noch nicht ermittelt worden, doch nimmt man an, daß er nicht ungünstiger sein wird als bei den besten neueren Hauptbahnlokomotiven. R. D.

(The Railway Eng. 1928, Juni.)

Gelenk-Dampftriebwagen der Ägyptischen Staatsbahnen.

Die Ägyptischen Staatsbahnen haben mit ihren vor einiger Zeit in Dienst gestellten Dampftriebwagen der Bauart Clayton*) so gute Erfahrungen gemacht, daß sie fünf weitere solche Wagen, jedoch in der Form von Gelenkwagen beschafft haben. Kessel und Dampfmaschine sind bei diesen Wagen über dem mittleren Drehgestell angeordnet; die beiden Wagenhälften sind auf diesem Drehgestell je besonders gelagert, so daß jede für sich abgebaut werden kann.

Das Wagenpaar enthält 17 Sitzplätze erster, 20 zweiter und 70 dritter Klasse, in der ersten und zweiten Klasse außerdem noch je ein Frauenabteil mit vier Plätzen. Für die erste Klasse ist ein Waschraum vorgesehen. An jedem Ende des Doppelwagens befindet sich ein Führerstand; die Wagen können jedoch — beispielsweise beim Verschiebedienst — auch von dem mittleren Maschinenraum aus in Gang gesetzt werden. Die ganze Länge der Wagen beträgt rund 31 m, der Achsstand sämtlicher Drehgestelle je 2,14 m, der Abstand der Drehgestellmitten 12,75 m und das Dienstgewicht 46,5 t.

Die Kessel- und Maschinenanlage entspricht im wesentlichen derjenigen des früheren Wagens; jedoch ist der Kesseldruck auf 21,5 at erhöht worden. Bei Versuchsfahrten soll der Kessel bis zu 1150 kg Dampf stündlich erzeugt haben. Bei Versuchsfahrten auf der englischen Strecke von Lincoln nach Woodhall Junction erreichte der Wagen mit einer Besetzung von 70 Personen eine Höchstgeschwindigkeit von 73 km/h; der Kohlenverbrauch soll dabei 4,05 kg/km, der Wasserverbrauch 21,2 kg/km betragen haben.

Die Wagen sind von der Clayton-Wagenbau-Gesellschaft gebaut worden. R. D.

(The Railw. Eng., Nov. 1928.)

Elektrische Lokomotiven der Great Indian Peninsula Railway.

Die Zeitschrift „Engineering" beschreibt eine der drei für genanntes Netz bestellten Versuchsausführungen einer Personenzuglokomotive, und zwar die Schnellzuglokomotive der General Electric Co., die für den mechanischen Teil die Forth Bank Works R. u. C. Hawthorn, Leslie u. Co., Newcastle O. Tyne. zum Unterlieferer hat.

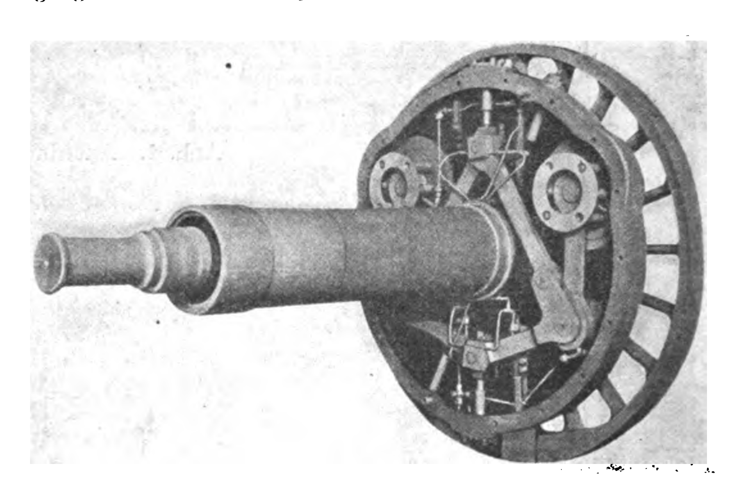
Die Lokomotive ist von der Grundform 2 C_0 2 und für eine Fahrdrahtspannung von 1500 V Gleichstrom gebaut. Je zwei Hauptstrommotoren arbeiten in Zwillingsanordnung auf jede der drei Triebachsen. Die Motoren können entweder alle sechs in Reihe geschaltet werden oder in zwei bzw. drei Parallelschaltgruppen zu je drei bzw. zwei Motoren. Da innerhalb jeder dieser Schaltungen mit zwei Feldschwächungen gefahren werden kann, ergeben sich neun wirtschaftliche Geschwindigkeitsstufen ohne Widerstände im Hauptstromkreis. Die Hauptgrößen sind in deutschen Maßen:

Länge über Puffer	17126 mm
Fester Radstand	4572 „
Drehgestellradstand	2134 „
Treibraddurchmesser	1880 „
Laufraddurchmesser	914 „
Stundenleistung bei 58 km/h	2280 PS
Dauerleistung bei 59,5 km/h	2160 PS
Dauer-Höchstgeschwindigkeit	120 km/h
Spitzengeschwindigkeit	136 km/h
Dienstgewicht	110 t

Zugkraft bei 1400 Volt Fahrdrahtspannung
bis 58 km/h 10900 kg, bei 125 km/h 2850 kg,
bei 42 km/h 7250 kg

bei Zusammenarbeit mit Güterzuglokomotiven auf Gebirgsstrecken.

Der Lokomotivkasten mit je einem Führerstand an jedem Ende ruht auf einem Außenrahmen. Die Fahrmotoren mit un geteiltem Gehäuse ruhen fest im Hauptrahmen und sind mit gut zugänglichen Schauöffnungen versehen. Über ihnen ist der Platz



Hohlwelle mit Achsantrieb und Triebrad.

für die doppelt isolierten, als Roste ausgeführten Anfahrwiderstände und die Hilfsmaschinen. An solchen sind vorhanden zwei Verdichter für die Lokomotivbremsen, zwei umlaufende Saugpumpen für die Luftsaugbremsung des Zuges, ein doppelter Lüfter und ein Hilfs-Stromerzeuger, sämtlich mit Motorantrieb versehen. An beiden Enden des Hauptmaschinenraumes und von den Führerständen aus unmittelbar zugänglich befinden sich die zwei Hochspannungskammern.

Die Motoren zu 760 Dauer-, 720 Stundenbrems-PS je Doppelmotor sind Vierpoltypen von geschlossener Ausführung mit magnetisch hochdurchlässigem Stahlgußgehäuse und Ringschmierlagern. Die Ritzel arbeiten mit einem Übersetzungsverhältnis 1 : 4,5 einseitig auf ein gefedertes Hauptstirnrad. Die Stoßdämpfung erfolgt hier durch sechs Bündel Blattfedern, die radial in Aussparungen des Kranzes und des Radkörpers eingebettet sind. Das Hauptzahnrad ist auf einer Hohlwelle verkeilt, die ihrerseits mit Rücksicht auf genauen Zusammenbau im Motorrahmen festgelagert ist.

Neuartig und besonders bemerkenswert ist der eigentliche Achsantrieb. Die Abbildung zeigt, in welcher Weise das Drehmoment von der Hohlwelle auf das Triebrad übertragen wird. Das im Bilde links sichtbare freie Ende der Hohlwelle trägt den Sitz für das Hauptzahnrad, ebenso sind die Laufflächen der Lagerung im Motorgehäuse zu erkennen. Am andern Ende sitzt fest aufgezogen das Gehäuse für den eigentlichen Antrieb, der staub- und wasserdicht gekapselt ist. Der Deckel des Stahlgehäuses ist in der Abbildung abgenommen. Den Hauptanteil an der Übertragung des Drehmomentes haben die beiden Kreuzköpfe an der oberen und untern Ecke des rautenförmigen Jochrahmens, dessen beide andere Ecken durch zwei Gelenkstangen

*) Organ 1928, S. 117.

mit den zwei Treibzapfen im Radstern des Triebrads verbunden sind. Kugelförmige Gelenke lassen ungestörtes axiales Spiel zwischen Hohlwelle und Triebachse zu. Das Getriebe erfordert nur vier Universalgelenke und die beiden Kreuzköpfe.

Die Stromabnahme geschieht durch zwei druckluftgesteuerte Scherenstromabnehmer. Die Schützen und die Fahrtwenderwalzen werden elektropneumatisch betätigt. Durch Widerstandsstufen sind in jeder Gruppe 13 Reihen-, 10 Reihenparallel- und 10 Parallelschaltungen möglich. Die Nebenschlußwiderstände zur Feldschwächung sind auf die Zeitkonstante der Erregerspulen abgestimmt, was einen zeitlich gleichmäßigen Aufbau der Zweigströme verbürgt und Überschläge verhindert. Die Saugpumpenmotoren arbeiten mit zwei Geschwindigkeitsstufen, je nachdem der Unterdruck in der Zugbremsleitung nur während der Fahrt aufrecht zu erhalten oder nach einer Bremsung wiederherzustellen ist. Der aus Motor, Stromerzeuger und Erregermaschine bestehende Hilfmaschinensatz liefert bei Spannungsschwankungen im Fahrdraht von 500—1900 Volt praktisch gleiche Spannung von 50 Volt und kann mit einer Batterie zusammenarbeiten.

Nach dem Leistungsprogramm muß die Lokomotive bei 1400 V Spannung einen Zug von 457 t in der Steigung von 1:100 vom Stillstand auf eine Geschwindigkeit von 58 km/h bringen, bei höchstens $\pm$ 10% Abweichung von der mittleren Zugkraft. Bei zehnmaliger Wiederholung einer solchen Anfahrt mit Pausen von je 5 Minuten darf die Temperatur der Anfahrwiderstände 250° C nicht überschreiten.

Weiterhin ist die Elektrische Güterzuglokomotive der Great Indian Peninsula Railway beschrieben.

Von den 41 im Mai 1926 in Auftrag gegebenen Güterzuglokomotiven sind 10 Stück zur Ablieferung gelangt. Sie sind für 1500 Volt Gleichstrom gebaut und gleichen im Aufbau völlig den C C-Lokomotiven der D. R. G. Jedes der beiden dreiachsigen Drehgestelle trägt zwischen der äußeren und der Mittelachse zwei Motoren, die in Zwillingsanordnung doppelseitig über Vorgelege mit Schraubenverzahnung auf einer Blindwelle arbeiten. Der Mittelkasten, der die beiden Führerstände enthält und daher die Triebgestelle überragt, ist als Brücke gelenkig mit ihnen verbunden und birgt alle nicht zum unmittelbaren Antrieb gehörenden Hilfsmaschinen und Apparate. Die Drehzapfen (in einem Abstand von rund 9 m) liegen zwischen den inneren Endachsen und den Mittelachsen der Drehgestelle. Zur Verbesserung der Kurvenläufigkeit sind beide Drehgestelle unter dem Hauptrahmen mittels zweier Gestänge miteinander gekuppelt, so daß sie stets symmetrisch ausschlagen. Das Gesamtgewicht der Lokomotive mit 122 t, wovon 47,2 t = 38,7% auf den elektrischen Teil entfallen, ist gleichmäßig auf die sechs Triebachsen verteilt. Die Zugkraft der Lokomotive beträgt 40700 kg bei einer Reibungsziffer von 0,38, welche die Motoren noch voll ausnützen können. Die eingebaute Leistung von viermal 640 = 2560 PS bei 1500 Volt erlaubt eine Höchstgeschwindigkeit von 72,4 km/h, die wirtschaftliche Geschwindigkeit ist in einem Verhältnis von 1 : $2^1/_2$ regelbar.

Die langen und schweren Steigungen im Bereich der Bahn ließen die Nutzbremsung besonders lohnend erscheinen. Dabei werden die Motoren durch je einen auf der inneren Drehgestellachse sitzenden Achsgenerator fremd erregt, dessen Feld wiederum ein 50 Volt-Hilfsgenerator speist. Die Nutzbremsung ist in einem Geschwindigkeitsbereich von 13—56 km/h anwendbar. Daneben sind natürlich noch die üblichen luftbetätigten Bremssysteme vorhanden. Von den übrigen baulichen Einzelheiten ist nur die Anordnung der beiden Scherenstromabnehmer bemerkenswert. Jeder sitzt isoliert auf einem eigenen kleinen Überdach und erst dieses ist nochmals isoliert auf dem Hauptdach befestigt. Man rechnet mit häufigen Störungen in der Fahrleitung und will die Hauptblechverkleidung vor den Flammenbogen schützen, die sich zwischen Stromabnehmer und Dach durch abgerissene Hängedrähte u. dergl. bilden können. Es wird auch im gewöhnlichen Betrieb nur mit einem Bügel gefahren, während der zweite lediglich eine Reserve bildet. Sch—l.

Kohlenersparnis im amerikanischen Lokomotivbetrieb.

Zwei Aufsätze in der Zeitschrift Railway Age behandeln die Fortschritte, die auf dem Gebiet der Brennstoffersparnis im amerikanischen Lokomotivbetrieb in den letzten Jahren erreicht worden sind. Die Zahl der Güterzuglokomotiven der amerikanischen Hauptbahnen ist seit 1921 ungefähr gleich groß, rund 26000, geblieben; die mit ihnen geleisteten Tonnenkilometer sind aber von 1921 bis 1927 um ungefähr 40% gestiegen; trotzdem haben die Lokomotiven nicht wesentlich mehr Kohle verfeuert, so daß der Kohlenverbrauch für 1 tkm um etwa 20% zurückgegangen ist. Ähnliche Ergebnisse hat der Personenverkehr gezeitigt, nur handelt es sich dabei nicht um so große Zahlen, wie schon daraus hervorgeht, daß im Jahre 1927 im Güterverkehr 80 Mill. t Kohle, im Personenverkehr 29 Mill. t Kohle verbrannt worden sind.

Über die Fortschritte des amerikanischen Lokomotivbaus werden folgende Angaben gemacht: Zwischen 1903 und 1908 galt als Regelform für den Güterzugdienst eine 1 D-Lokomotive von etwa 90 t Gewicht, davon 81 t Reibungsgewicht und etwa 19 t Zugkraft mit Treibrädern von 1,6 m Durchmesser und Zylindern von 559 mm Durchmesser und 813 mm Hub. Die Bauart der Lokomotiven war sehr einfach; sie hatten Schiebersteuerung und arbeiteten mit Sattdampf. Die meisten solchen Lokomotiven sind heute umgebaut, sie haben Überhitzung und Kolbensteuerung erhalten, manche von ihnen tun aber auf Nebenbahnen noch Dienst im ursprünglichen Zustande. Um 1912 folgte eine Lokomotive der Achsanordnung 1 D 1 mit ebenso großen Rädern, mit Zylindern von 711 mm Durchmesser, 813 mm Hub, 144 t Gesamt- und 107 t Reibungsgewicht, Zugkraft 26 t. Die höchste Achslast hatte also bereits um rund 30% zugenommen, das Gesamtgewicht um 50%. Die Bauart hat sich sehr gut bewährt; sie ist unter Vergrößerung der Abmessungen beibehalten worden.

Eine Eisenbahngesellschaft hatte einige Teilstrecken, wo mit vier angetriebenen Achsen nicht auszukommen war. Sie beschaffte daher zwischen 1916 und 1918 eine Anzahl 1 E 1-Lokomotiven von 190 t Gesamt- und 154 t Reibungsgewicht. Der Sprung im Gewicht war hier nicht so groß wie zwischen den beiden vorgenannten Lokomotiwen, die Zugkraft stieg aber auf 38 t. Der Rad- und Zylinderdurchmesser wurde beibehalten, der Kolbenhub auf 787 mm erhöht. Die Lokomotive eignete sich nicht für hohe Fahrgeschwindigkeiten.

Um den Anforderungen des heutigen Tages auf den Regelstrecken genügen zu können, wurde 1927 von der 1 D 1 auf die 1 D 2-Lokomotive von 201 t Gesamt- und 125 t Reibungsgewicht übergegangen. Die Zugkraft beträgt 32 t; durch die Zusatzmaschine am Drehgestell unter dem Führerstand kann sie auf 37 t gesteigert werden. Der Treibraddurchmesser wurde auf 1,78 m erhöht, die Zylinderabmessungen auf 724 mm Durchmesser, 813 mm Hub. Die Achslast ist ungefähr dieselbe geblieben, obgleich das Gesamtgewicht um etwa 5% erhöht wurde. Trotz des größeren Raddurchmessers kann beim Anfahren fast dieselbe Zugkraft wie bei der vorhergehenden Lokomotive entwickelt werden. Das Drehgestell unter dem Führerstand gibt einen ruhigen Gang. Ein großer Tender ermöglicht lange Fahrten. — Die 1 D 2-Lokomotive leistet an Zuggewicht 10% mehr als die 1 E 1, verbraucht dabei aber auf 1 tkm 30% weniger Kohle; sie legt die 183,5 km lange Strecke, die sie bei dem im Bericht angeführten Beispiel täglich hin und zurück befährt, in 35% kürzerer Zeit zurück, und leistet in der Stunde 75%, im ganzen 10% mehr Tonnenkilometer als jene; die Kohlenersparnis auf der ganzen Fahrt ist 22% oder rund 4 t Kohle. Rechnet man den Monat zu 25 Arbeitstagen und setzt man 1 t Kohle mit 3 Dollar an, so ergibt sich auf dieser einen Strecke unter Berücksichtigung des Umstands, daß 30 1 D 2-Lokomotiven die Arbeit von 34 1 E 1-Lokomotiven leisten, eine Ersparnis von 440000 Dollar im Jahre. Da im ganzen 50 Lokomotiven der neueren Bauart beschafft worden sind, wird sich die Ersparnis, die sie ermöglichen, auf 650 bis 700000 Dollar belaufen.

Aus diesen Zahlen wird der Schluß gezogen, daß die amerikanischen Eisenbahnen etwa 16 Mill. t Kohle sparen könnten, wenn sie Lokomotiven mit niedrigem Kohlenverbrauch allgemein verwenden würden. Bei etwa zwei Dritteln aller Lokomotiven wäre ein Minderverbrauch von 30% zu erreichen und das würde bei einem Durchschnittspreis von 3,50 Dollar für 1 t Kohle zu einer Verringerung der Ausgaben über 56 Mill. Dollar führen. Aber auch ohne Änderung der Bauart ist der Kohlenverbrauch, bezogen auf 1000 tkm, von 46 kg im Jahre 1921 auf 37 kg im Jahre 1927 zurückgegangen. Von 1926 bis 1927 betrug der Rückgang 5% und dadurch sind 14 Mill. Dollar für die Beschaffung von Kohle erspart worden. Es wird dies auf einen besseren Unterhaltungszustand von Lokomotiven und Wagen, auf bessere Auslastung der Züge, Vermeidungen von Aufenthalten unterwegs u. a. zurückgeführt. Wirtschaftlicher Betrieb allein kann also schon die Ausgaben für Kohle wesentlich herabmindern. We.

(Railway Age 1928, I. Halbjahr, Nr. 20.)

Buchbesprechungen.

Hentzen, Dr. Ing. e. h., Das Einheitsstellwerk. Umfang 400 Seiten mit 455 Abbildungen und 3 herausklappbaren Tafeln. Berlin-Schöneberg 1927. Verlag Dr. Arthur Tetzlaff. In Ganzleinen gebunden 25,— ℛℳ.

Das Buch behandelt die Einheitsformen der mechanischen Sicherungseinrichtungen der ehemaligen preußisch-hessischen Staatseisenbahnen. Wegen ihrer großen Ausdehnung hatten sich diese anfangs beim Bezuge mechanischer Sicherungseinrichtungen wie die anderen Ländereisenbahnen Deutschlands nur bezirksweise auf einige wenige Signalbauanstalten stützen können. Deshalb wurde die Vielheit der verschiedenen Bauarten der Signalbauanstalten mit der Zeit immer unbequemer, zumal die Ausführungen der Bauformen der einzelnen Signalbauanstalten im Laufe der Jahre manche Abwandlungen durchgemacht hatten, damit sie den fortschreitend höheren Anforderungen des Eisenbahnbetriebes gerecht wurden. Diese Vielheit der Bauarten bot zwar der Eisenbahnverwaltung den Vorteil, den gegenseitigen Wettbewerb der Bauanstalten aufs äußerste zu steigern; nachdem aber die verschiedenen Ausführungen je für sich eine hohe Vollkommenheit erreicht hatten, schlug dieser Vorteil nicht mehr so sehr ins Gewicht und es war daher erklärlich, daß die ehemaligen preußisch-hessischen Staatseisenbahnen nunmehr daran gingen, aus der Fülle der Ausführungsformen die besten auszusuchen, um so, wie bei den elektrischen, auch bei den mechanischen Sicherheitseinrichtungen zu einem einheitlichen System zu gelangen.

An der Durchführung dieser Vereinheitlichung hat der Verfasser des vorliegenden Buches, unterstützt durch den Block- und Stellwerksausschuß und die bedeutendsten Signalbauanstalten, mehr als ein Jahrzehnt in leitender Stellung gearbeitet, und keiner war daher besser als er berufen, die in den „Einheitszeichnungen für Stellwerksteile" der preußisch-hessischen Staatseisenbahnen dargestellten Einzelteile der mechanischen Stellwerke zu erläutern, ihre Wirkungsweise zu erklären und die Gründe für die gewählte Bauweise darzulegen. Diese Aufgabe des Buches zu erfüllen ist dem Verfasser vollkommen gelungen. Selbst die geringsten Kleinigkeiten der Bauformen sind in dem Buche so sorgfältig und gründlich behandelt, daß man über alle Einzelheiten der mechanischen Stellwerksanlagen der Einheitsform sich darin sehr genau unterrichten kann. Daß diese Einheitsformen nicht unwandelbar für alle Zeiten festgelegt sein sollen, ergibt sich aus dem Vorwort zu dem Buche und auch aus dem Umstande, daß an verschiedenen Stellen des Buches nachträglich Änderungen der einzelnen Teile angegeben und auch bemerkenswerte ältere Ausführungen darin beschrieben sind.

Das Buch behandelt der Reihe nach in sechs Hauptabschnitten die Fernbedienung der Weichen, die Riegelung der Weichen, die Vorrichtung zur Verhinderung unzeitiger oder unbefugter Umstellung von Weichen und Gleissperren (Einzelsicherungen), die Einheitsgleissperren, die Signale und ihre Stellvorrichtungen und schließlich das Hebelwerk. Auf die einzelnen Abschnitte und Unterabschnitte einzugehen fehlt es an Raum. Zu dem Abschnitt über das Hebelwerk, der etwa $^1/_4$ des Buches ausmacht, erscheint es jedoch angebracht darauf hinzuweisen, daß für die Teile, die mit den elektrischen Einrichtungen der Stationsblockung und der Streckenblockung in Verbindung stehen, die Kenntnis der elektrischen Teile des preußisch-hessischen Blocksystems im wesentlichen vorausgesetzt wird, und die Inneneinrichtungen des Hebelwerkes, die mit der Stations- und Streckenblockung in Verbindung stehen, in einer solchen Ausführlichkeit behandelt werden, daß auch dieser Abschnitt es verdient, von denjenigen Praktikern, die mit dem preußisch-hessischen Blocksystem nicht vollkommen vertraut sind, besonders sorgfältig durchgelesen zu werden, da sie darin sicher auch für ihre Einrichtungen manche Aufklärung und Anregung erhalten werden.

Das Buch, das auch die Erfordernisse der Betriebssicherheit und die bei Bau, Unterhaltung, Bedienung usw. der Stellwerksteile zu beachtenden Gesichtspunkte behandelt, kann allen Sicherungstechnikern aufs wärmste empfohlen werden.

Es ist zwar in erster Linie für die Beamten der ehemaligen preußischen Staatseisenbahnen bestimmt, die mit der Unterhaltung und Ergänzung der Sicherungsanlagen zu tun haben; aber wegen seiner Gründlichkeit und Ausführlichkeit ist es auch für alle anderen, die sich mit den mechanischen Teilen der Sicherungseinrichtungen zu beschäftigen haben, ein sehr nützliches Nachschlagewerk.

Die Beschreibungen sind klar und leicht verständlich; die vielfach durch schematische und photographische Bilder ergänzten Zeichnungen, die zum größten Teil den behördlichen „Einheitszeichnungen der Stellwerksteile" der preußisch-hessischen Eisenbahnverwaltung entnommen sind, lassen an Deutlichkeit und Übersichtlichkeit nichts zu wünschen übrig; der Druck ist gut und die Ausstattung vornehm.

Möllering.

Verschiedenes.

Brückenbauwettbewerb der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Unserer Mitteilung im Heft 7 des Organs 1929 über das Ergebnis des von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft ausgeschriebenen Brückenbauwettbewerbs tragen wir das inzwischen bekannt gegebene Ergebnis des Wettbewerbs für die Brücke bei Maxau nach.

Es erhielten: Einen 1. Preis von 7000 ℛℳ Louis Eilers, Hannover-Herrenhausen mit Architekt Professor Dr. German Bestelmeyer, München.

Einen 2. Preis von 5000 ℛℳ Regierungsbaurat Berndt als Architekt und Regierungsbaurat Klein als Ingenieur, München.

Einen 3. Preis von 3000 ℛℳ Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Gustavsburg, Gustavsburg bei Mainz, Grün & Bilfinger A.-G., Mannheim. Künstlerischer Berater Baudirektor Abel, Köln.

Einen 4. Preis von 2000 ℛℳ Siemens-Bauunion G. m. b. H., Berlin-Siemenstadt. Dipl.-Ing. Friedrich Rottmeyer, Architekt BDA Berlin-Charlottenburg.

Zum Ankauf mit 1000 ℛℳ wurden empfohlen:

Der Entwurf von B. Seibert G. m. b. H., Eisenhoch- und Brückenbau, Aschaffenburg.

Zum Ankauf mit 500 ℛℳ wurden empfohlen:

Der Entwurf von Ludwig Schmidt, Heidelberg, Architekt Otto Ehling. Der Entwurf von Hein, Lehmann & Co. A.-G., Düsseldorf-Berlin, Professor Paul Bonatz, Stuttgart. Wayss & Freytag A.-G., Frankfurt-Stuttgart, und der Entwurf von Flender A.-G. für Eisen-, Brücken- und Schiffbau, Benrath (Rhein), Fritz August Breuhaus, Architekt BDA., Düsseldorf.

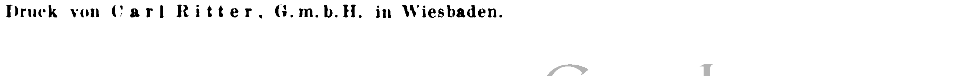
Sämtliche Entwürfe für die Brücke bei Maxau werden vom 1. April 1929 bis einschließlich 14. April 1929 und sämtliche Entwürfe für die Brücke bei Speyer vom 25. April 1929 bis einschließlich 8. Mai 1929 je von 10 bis 18 Uhr im Verkehrs- und Baumuseum, Berlin NW 40, Eingang Invalidenstraße 50, öffentlich ausgestellt.

Berichtigung.

In dem Nachruf für Professor Konrad Pressel in Heft 6 Seite 101 und 102 sind einige Druckfehler unterlaufen.

Es muß Suram-Tunnel statt Suvamtunnel heißen; statt Stollengewinde in der 7. Zeile der linken Spalte von unten (Seite 102) ist Stollengeviere zu lesen.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.




Zum Aufsatz: Die Wirtschaftlichkeit der Diesel-Lokom

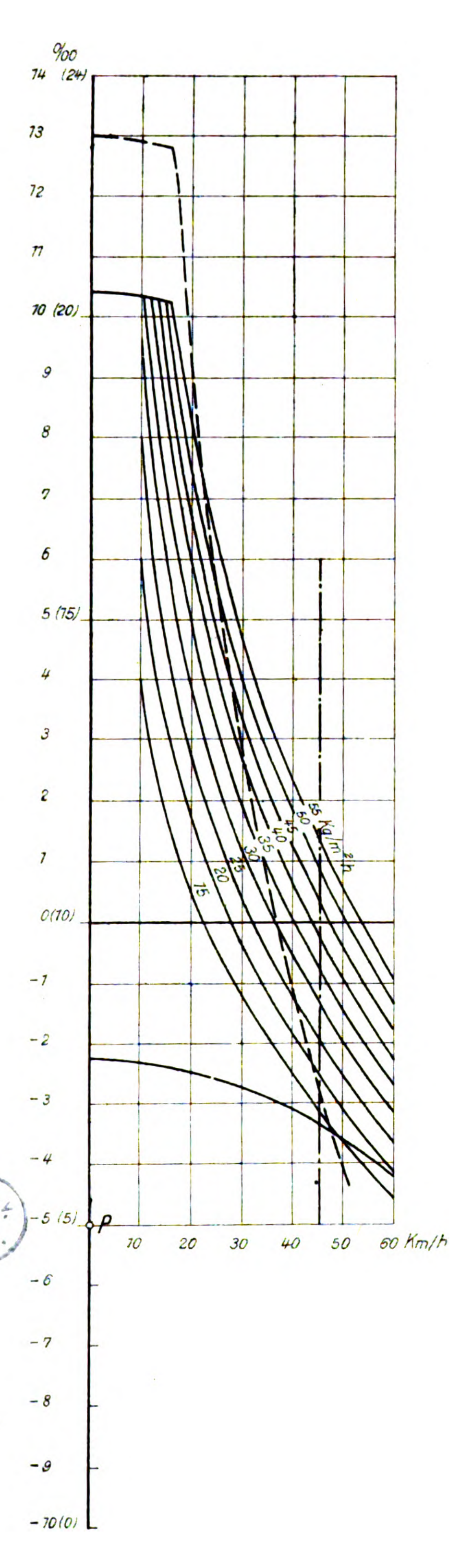


Abb. 1.
s V - Diagramm einer Heißdampflokomotive.

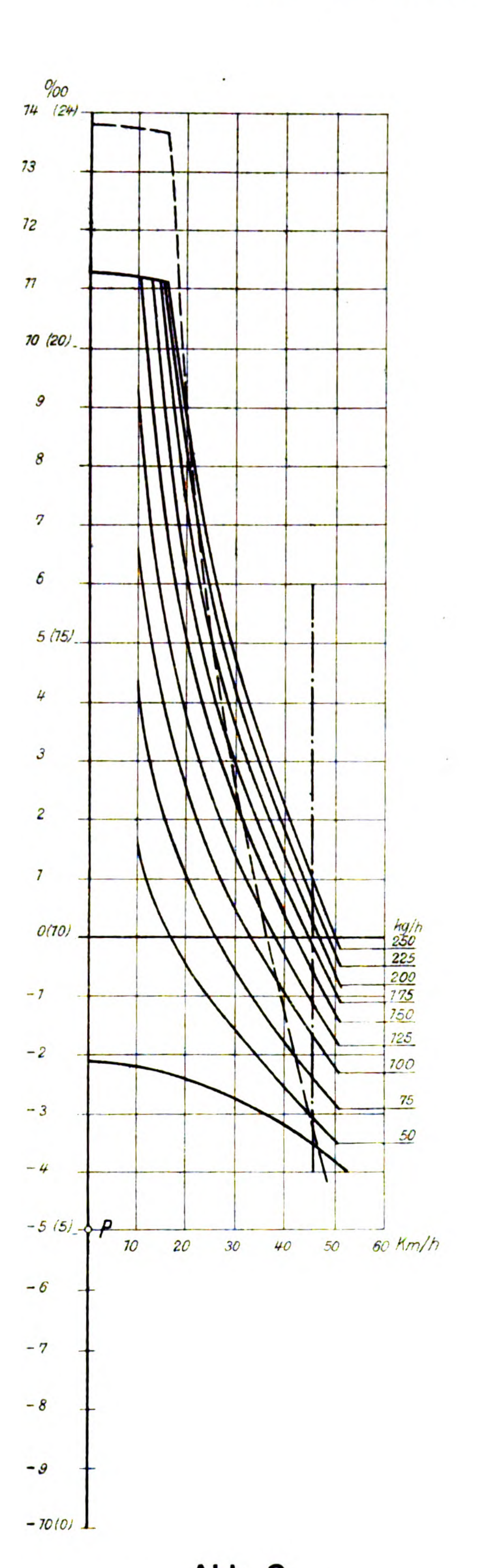
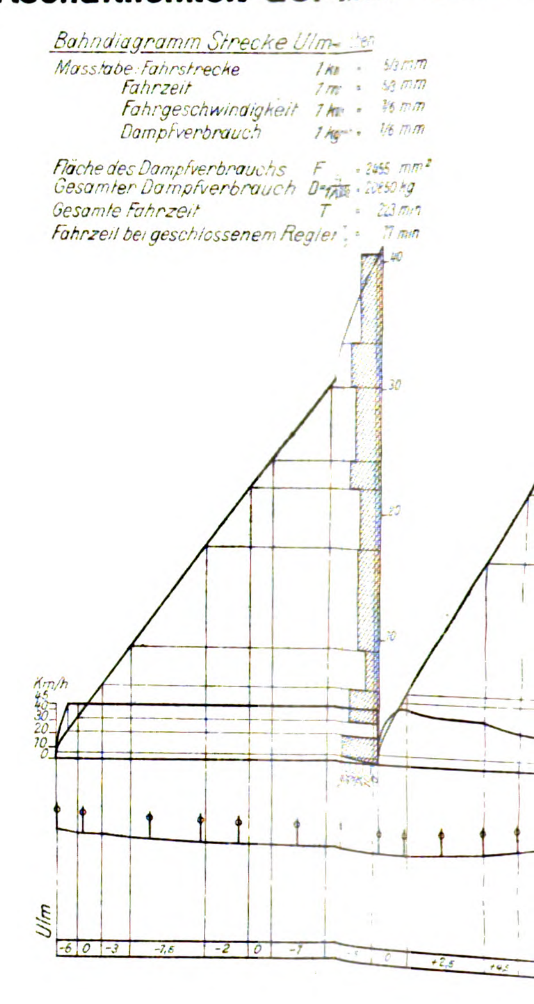
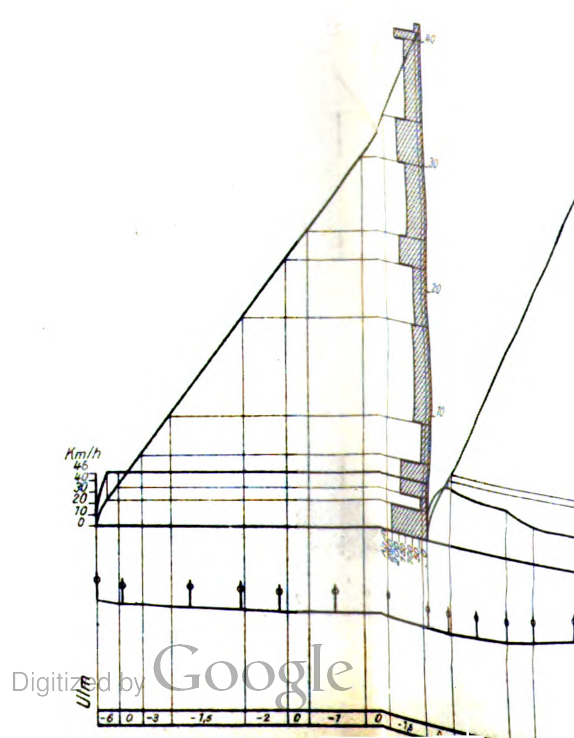


Abb. 2.
s V - Diagramm einer Diesel-Elektro-Lokomotive.





...der Diesel - Lokomotive im Vollbahnbetrieb.

Abb. 3. Bahndiagramm einer Heißdampflokomotive.

Abb 4. Bahndiagramm einer Diesel-Elektro-Lokomotive.

1929

84. Jahrgang

ORGAN

FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN

Heft 9

1. Mai

HERAUSGEGEBEN VON Dr. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

84. Jahrgang | **1. Mai 1929** | **Heft 9**

Die Wirtschaftlichkeit der Diesel-Lokomotive im Vollbahnbetrieb.

Von Dipl.-Ing. **Herbert Straßer** (Schluß).

Hierzu Tafel 6 im Heft 8 und Tafel 7 im Heft 9.

C. Diesel-Getriebe-Lokomotive der Russischen Staatsbahnen.

Im Gegensatz zur Dampflokomotive und Diesel-Elektro-Lokomotive haben die Zugkraftkurven der Diesel-Getriebe-Lokomotive keinen stetigen Verlauf, sondern bilden je nach der Zahl der Schaltstufen mehrfach abgesetzte Linienzüge. Diese Linienzüge stellen nicht wie etwa bei der Diesel-Elektro-Lokomotive Zugkraftkurven gleicher Motorleistung (Füllung und Drehzahl) und damit gleichen Brennstoffverbrauchs dar, sondern Kurven gleicher Brennstoffüllung. Da nun innerhalb jeder Stufe die Fahrgeschwindigkeit proportional mit der Motordrehzahl wächst, so nimmt damit auch der Brennstoffverbrauch jeweils bis zu einem Höchstwert zu, welcher der größten Motordrehzahl entspricht. Um also, wie bei den bisherigen Untersuchungen aus dem Bahndiagramm gleichzeitig den Brennstoffverbrauch ermitteln zu können, müssen wir im Z V-Diagramm die Kurven gleicher Brennstoffüllung durch Kurven gleichen Brennstoffverbrauchs schneiden.

Als Grundlage für die folgende Untersuchung dienten die Versuchsergebnisse mit der Diesel-Getriebe-Lokomotive auf dem Prüfstand in Düsseldorf*) und auf der Versuchsstrecke der D. R. G. Güsten-Mansfeld.

Die Abmessungen der Lokomotive sind:

Hauptgrößen:

Motor (mit Lufteinspritzung):

Zylinderzahl	6
Zylinderdurchmesser	450 *mm*
Kolbenhub	420 *mm*
Höchstleistung	1200 PS_e
Höchste Drehzahl	450 min.

Lokomotive:

Achsanordnung	2-E-1
Kurbelarmlänge	350 *mm*
Treibraddurchmesser	1320 *mm*
Gesamte Länge über Puffer	16695 *mm*
Dienstgewicht	131 *t*
Reibungsgewicht	88 *t*
Leergewicht	124 *t*
Höchstgeschwindigkeit	54 *km/h*
Anfahrzugkraft	17500 *kg*

Das Z V-Diagramm (Textabb. 8) stellt die Zugkräfte am Treibradumfang bei verschiedenen Füllungen**) dar in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit. Die Reibungszugkraft ist nach den Betriebserfahrungen zu 17500 kg festgesetzt, entsprechend einem Reibungswert von $\mu = 1/5$. Die Kurven gleichen Brennstoffverbrauchs wurden eingetragen an Hand von Textabb. 9, welche den stündlichen Brennstoffverbrauch des Hauptmotors bei verschiedenen Füllungen in Abhängigkeit von der Motordrehzahl zeigt.

Während des Umschaltens von einer Stufe auf die andere sinkt bei der hier behandelten Diesel-Getriebe-Lokomotive die Zugkraft auf den Wert Null. Dieser der Erstausführung anhaftende Mangel kann bei einem Neubau vermieden werden, wie neue Entwürfe und Versuchsausführungen von Lokomotivgetrieben zeigen. Es erschien deshalb zulässig, den Verlauf des Z V-Diagramms so anzunehmen, daß die Zugkraft beim Umschalten nicht mehr bis Null abfällt.

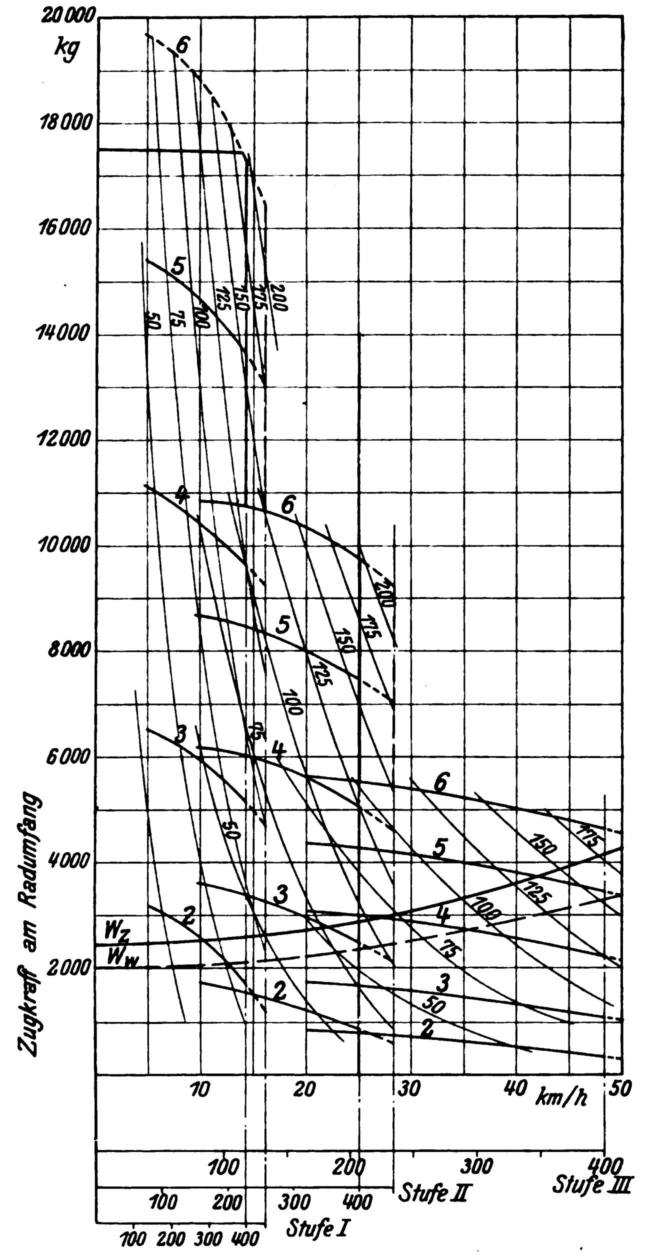


Abb. 8. Diesel-Getriebe-Lokomotive.
Zugkräfte am Radumfang bei verschiedenen Füllungen.

Die Widerstandslinie W_Z des Zugs auf wagrechter, gerader Bahn ergibt sich als Summe von Lokomotiv- und Wagenwiderstand.

Der Laufwiderstand der Diesel-Getriebe-Lokomotive wurde vom Reichsbahn-Versuchsamt Grunewald durch Versuche

*) Z. V. D. I. 1927, S. 873.

**) Die eingestellte Füllung gibt ein Zeiger auf einem Segment an, das eine proportionale, willkürlich gewählte Teilung von 0 bis 7,5 hat.



ermittelt. Er läßt sich in guter Annäherung durch die Gleichung ausdrücken:

$$W_L = G_L \cdot 3{,}3 + 0{,}13 \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2 = 432 + 17 \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2 \; kg.$$

Wir erhalten damit:

V *km/h*	0	10	20	30	40	50
W_L *kg*	432	449	500	585	704	857
W_W *kg**)	2000	2057	2228	2513	2912	3425
W_Z *kg*	2432	2506	2728	3098	3616	4282

*) Ableitung s. im vor. Heft.

Aus dem Z V-Diagramm wurde in bekannter Weise das s V-Diagramm abgeleitet (Taf. 7, Abb. 1).

Die Bahndiagramme für die Diesel-Getriebe-Lokomotive (Taf. 7, Abb. 3) ergeben:

Strecke	Entfernung	Brennstoffverbrauch ohne Hilfseinrichtung	Gesamte Fahrzeit
Stuttgart—Ulm ...	94,0 *km*	530 *kg*	208 Min.
Ulm—München ...	146,5 „	577 „	242 „
Ulm—Stuttgart ...	94,0 „	250 „	153 „
	334,5 *km*	1377 *kg*	603 Min.

Durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit $\frac{334{,}5 \cdot 60}{603} = 33{,}3$ *km/h*.

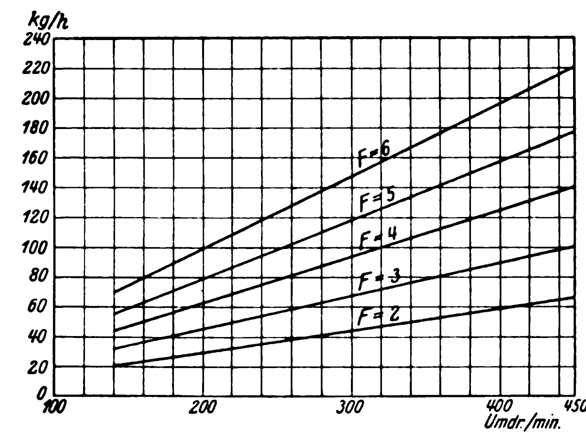


Abb. 9. Diesel-Getriebe-Lokomotive. Stündlicher Brennstoffverbrauch des Hauptmotors bei verschiedenen Füllungen.

Der Brennstoffverbrauch des Hilfsmotors steht nicht in ursächlichem Zusammenhang mit dem des Hauptmotors, er ist vielmehr von Zufälligkeiten abhängig, vom Luftbedarf für Bremse und vom Kraftbedarf für Kühlung (Außentemperatur und Fahrgeschwindigkeit maßgebend). Der Verbrauch kann nach den Erfahrungen zu 8 kg/h angenommen werden. Damit erhalten wir für die Zugfahrt:

Brennstoffverbrauch des Hauptmotors		1377 *kg*
Brennstoffverbrauch des Hilfsmotors	8 . 603 : 60 =	80 „
		1457 *kg*

Brennstoffverbrauch auf 1000 Lok.km

$$B = \frac{1457 \cdot 1000}{334{,}5} = 4350 \; kg.$$

D. Diesel-Druckluft-Lokomotive der D. R. G.

Der Antriebsmotor ist ein nicht umsteuerbarer 6 Zylinder-Viertakt-M. A. N.-Dieselmotor mit Strahleinspritzung von 1000/1200 PSe-Leistung. Mit dem Motor als einheitliches Ganzes verbunden, ist der zweizylindrige doppeltwirkende Kompressor, der ebenfalls von der M. A. N. gebaut wurde und in Anbetracht der Leistung und Drehzahl einen großen Fortschritt auf diesem Gebiet bedeutet. Er verdichtet aus dem Freien angesaugte Luft in einer Stufe auf 7 atü. Die Luft wird in einem längs des Dieselmotors angeordneten Erhitzer, der gleichzeitig als Aufnehmer dient, durch die Motorabgase im Gegenstrom auf etwa 350 bis 370° C erhitzt und wird dann zu den beiden Lokomotivzylindern normaler Bauart geleitet, wo sie sich unter Arbeitsleistung entspannt und ins Freie auspufft. Durch die Zwischenerhitzung ist die Gewähr gegeben, daß die Luft nach der Entspannung noch eine Temperatur von mindestens 80° C hat, so daß auch im Winter selbst bei kleinen Füllungen Eisbildung in den Lokomotivzylindern sicher vermieden wird.

Über diese Lokomotive, die sich zur Zeit im Bau befindet, liegen noch keine Versuchs- und Betriebsergebnisse vor. Bis heute ist nur die von der M. A. N., Werk Augsburg, gebaute Dieselkompressoranlage auf dem Prüfstand einer eingehenden Erprobung unterzogen worden. Trotzdem wurde auch für die Diesel-Druckluft-Lokomotive eine Vergleichsberechnung durchgeführt, wobei an Stelle praktischer Ergebnisse über Leistung und Luftverbrauch der Treibzylinder aus theoretischen Untersuchungen abgeleitete Ergebnisse treten mußten.

Während die bereits behandelten Diesellokomotiven mit elektrischer und Getriebeübertragung ausgesprochene Güterzuglokomotiven sind, ist die Diesel-Druckluft-Lokomotive für den Personenzugdienst bestimmt. Um den Vergleich auch auf die Druckluftübertragung ausdehnen zu können, war es notwendig, den folgenden Untersuchungen über diese Bauart gleichfalls eine Güterzuglokomotive zugrunde zu legen, was die Annahme eines anderen Treibraddurchmessers und einer anderen Achsanordnung bedingte. Der Treibraddurchmesser wurde zu 1250 mm angenommen, die Achsanordnung zu 1—E—1 bei einem Dienstgewicht von 116 t und einem Reibungsgewicht von 85 t. Weiterhin soll in Übereinstimmung mit den bereits behandelten Diesellokomotiven der Heizkessel wegfallen. An seine Stelle tritt ein Hilfsmotor zum Antrieb der Hilfseinrichtungen. Der übrige Aufbau bleibt bestehen, insbesondere werden die Abmessungen der Dieselkompressoranlage und der Treibmaschine beibehalten. Damit sind die Hauptgrößen der Vergleichslokomotive:

Motor (mit Strahleinspritzung):

Zylinderzahl	6
Zylinderdurchmesser	450 *mm*
Kolbenhub	420 *mm*
Höchstleistung	1200 PS
Höchste Drehzahl	450/min.

Kompressor:

Zylinderzahl	2 (Doppeltw.)
Zylinderdurchmesser	640 *mm*
Kolbenhub	350 *mm*
Kompressorenddruck	7 atü
Überhitzertemperatur	350° C

Lokomotive:

Achsanordnung	1—E—1
Zylinderdurchmesser	700 *mm*
Kolbenhub	700 *mm*
Treibraddurchmesser	1250 *mm*
Gesamte Länge über Puffer	15800 *mm*
Dienstgewicht	116 *t*
Reibungsgewicht	85 *t*
Leergewicht	110 *t*
Höchstgeschwindigkeit	60 *km/h*
Anfahrzugkraft	16000 *kg*

Um die Unterlagen für die Konstruktion des Bahndiagramms zu erhalten, wurden zunächst Leistung und Luftverbrauch der Treibmaschine ermittelt. Dabei ist in ent-



sprechender Weise verfahren worden, wie bei der Dampflokomotive. Dort wurde mittels der von **Strahl** aufgestellten Formeln*) für verschiedene Drehzahlen und Füllungen die indizierte Leistung und der Dampfverbrauch der Lokomotivmaschine errechnet und damit die Betriebs-Charakteristik aufgestellt. Die Lokomotivmaschine der Dieseldruckluftlokomotive entspricht nun in Aufbau und Steuerung ganz der normalen Bauart, es besteht nur der Unterschied, daß das Arbeitsmittel an Stelle von gespanntem Dampf Druckluft ist. Im folgenden wird gezeigt, daß die von **Strahl** aufgestellten Formeln auch auf Druckluft anwendbar sind, wenn dabei einzelne Faktoren eine entsprechende Änderung erfahren.

Die Formel für den Spannungsabfall des Dampfes beim Eintritt in den Lokomotivzylinder gilt sinngemäß auch für Druckluft, wie sich aus ihrer Ableitung in Anhang 1 des **Strahl**schen Buchs und aus der Abhandlung von **Blaess****) ergibt. Die in der Ableitung angewandte Näherungsgleichung für die Strömungsgeschwindigkeit im Schieberspalt

$$w = \sqrt{C \cdot \ln \frac{p_s}{p}},$$

wo $$C = 2 \cdot g \cdot v_s \cdot p_s \cdot 10^4,$$

ist eine Vereinfachung der für alle Gase geltenden Ausflußformel:

$$w = \sqrt{2 g v_s p_s \cdot \frac{k}{k-1}\left[1 - \left(\frac{p}{p_s}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]}$$

für Heißdampf ist $k = 1{,}3$, doch hat **Strahl** für die Einströmperiode $k = 1$ gesetzt, wobei

$$\frac{k}{k-1}\left[1 - \left(\frac{p}{p_s}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]_{\text{für } k=1} = \ln \frac{p_s}{p}.$$

Diese Vereinfachung läßt sich auch auf erhitzte Luft ($k = 1{,}38$) anwenden, ohne daß der Fehler für die Größe w erheblich ist. Die außerdem von **Strahl** benutzte Näherungsformel

$$w = \sqrt{2 C \cdot \frac{p_s - p}{p_s + p}}$$

ergibt noch kleinere Fehler und kann ohne weiteres auch auf Luft angewandt werden. Die zur Bestimmung des Produktes $v \cdot p_s$ benutzte Näherungsformel

$$v \cdot p_s = \frac{\lambda - 466}{100}$$

gilt nur für Heißdampf. Für Luft muß der Wert $v \cdot p_s$ aus der Zustandsgleichung bestimmt werden.

Der Ausflußkoeffizient μ ist in erster Linie von Form und Querschnitt des Schieberspalts und von dem Verlauf des Überströmkanals abhängig. Es kann auch für Druckluft der Wert $\mu = 0{,}6$ beibehalten werden.

Bei der Ableitung der Formel für den Dampfverbrauch bezieht sich **Strahl** in Anhang 3 seines Buches zunächst auf ein Hubvolumen von 1 m^3 und erhält für die bei *einem* Hub zugeführte Dampfmenge:

$$G = (m + \varepsilon) \cdot \gamma_1 - (m + x) \cdot \gamma_0 \text{ kg}.$$

Dabei ist $(m + \varepsilon) \cdot \gamma_1$ das Gewicht der gesamten bei Schieberabschluß im Zylinder befindlichen Dampfmenge, $(m + x) \cdot \gamma_0$ das Gewicht der bei Beginn der Kompression im Zylinder abgesperrten Dampfmenge. Die spezifischen Gewichte γ_1 und γ_0 werden aus dem Einström- bzw. Kompressionsvorgang abgeleitet.

Obige Formel, die allgemein gültig ist, wurde auch der Ermittlung des Luftverbrauchs der Lokomotivluftzylinder zugrunde gelegt. Der Gedankengang war dabei folgender: Beim Einströmen in den Zylinder erfährt die Luft vom Zustand p_s T_s einen Druckabfall und einen Wärmeverlust durch Abkühlung an den Zylinderwänden. Dieser Vorgang kann schrittweise dargestellt werden (siehe Textabb. 10).

1. Die bei Schieberabschluß im Zylinder befindliche Luft nimmt ohne Berücksichtigung der Wärmeabgabe, bezogen auf den Druck p_s einen Raum von $(m + \varepsilon')$ ein. Es gilt dann für Punkt s:

$$\frac{p_s}{\gamma_s} = R \cdot T_s \quad \ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

2. Durch Abkühlung an den Zylinderwandungen verringert sich das Volumen der Luft, bezogen auf den Druck p_s, auf $(m + \varepsilon'')$. Dabei sinkt die Temperatur von T_s auf T_x. Es gilt dann für Punkt x:

$$\frac{p_s}{\gamma_x} = R \cdot T_x$$

oder mit Gleichung (1):

$$\gamma_x = \gamma_s \frac{T_s}{T_x} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

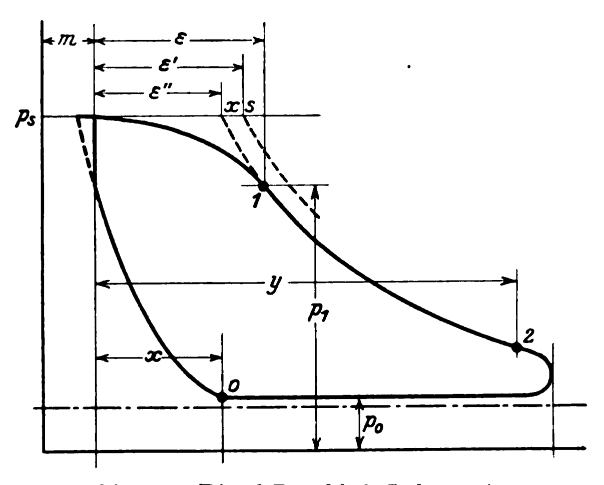


Abb. 10. Diesel-Druckluft-Lokomotive.
Diagramm zur theoretischen Ermittlung des Luftverbrauchs.

3. Die Luft expandiert adiabatisch ($\mu = 1{,}4$) auf den Druck p_1, es gilt dann für Punkt 1:

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_x} = \left(\frac{p_1}{p_s}\right)^{\frac{1}{\mu}}$$

oder mit Gleichung (2):

$$\gamma_1 = \gamma_s \frac{T_s}{T_x}\left(\frac{p_1}{p_s}\right)^{\frac{1}{\mu}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 3)$$

Die noch unbekannte Größe T_x erhalten wir aus dem Wärmeverlust. Der Wärmeverlust des gesamten Luftgewichts $(m + \varepsilon) \cdot \gamma_1$ bei Temperaturabnahme von T_s auf T_x ist:

$$(m + \varepsilon) \cdot \gamma_1 \cdot c_p (T_s - T_x) = C$$

daraus
$$T_x = T_s - \frac{C}{(m + \varepsilon) \cdot \gamma_1 \cdot c_p} \quad \ldots\ldots \quad 4)$$

Damit wird Gleichung (3):

$$\gamma_1 = \gamma_s \cdot \left(\frac{p_1}{p_s}\right)^{\frac{1}{\mu}} + \frac{C}{(m + \varepsilon) \cdot c_p \cdot T_s}.$$

Den Wärmewert C des Abkühlungsverlustes nimmt **Strahl** konstant an und setzt ihn unabhängig von Füllung und Drehzahl auf Grund von Versuchen für Dampf zu C = 60 WE pro m^3 Hubvolumen fest. Für Druckluft liegen hierüber noch keine praktischen Erfahrungen vor, doch dürfte der Abkühlungsverlust kleiner sein, da der Wärmeübergang von Luft an die Wandungen geringer ist, als bei Dampf und auch kein Niederschlag eintreten wird. Bei der nachstehenden Berechnung wurde unter Berücksichtigung der etwas größeren Lässigkeitsverluste C = 50 WE gesetzt, ein Wert, der eher zu hoch als zu nieder gegriffen ist.

*) **Strahl**, Einfluß der Steuerung auf Leistung der Heißdampflokomotiven. Hanomag-Nachrichten-Verlag G. m. b. H. Hannover 1924.

**) Z. V. D. I. 1905, S. 697.

Nehmen wir für die Kompression in den schädlichen Raum eine polytropische Zustandsänderung an, so ergibt sich:

$$\gamma_0 = \gamma_s \cdot \left(\frac{p_0}{p_s}\right)^{\frac{1}{\varkappa}}.$$

Nach vorstehendem ist also das Gewicht der in einem Zylinder von 1 m³ Hubvolumen arbeitenden Frischluft für 1 Hub:

$$G_H = (m+\varepsilon) \cdot \gamma_1 - (m+x) \cdot \gamma_0 = \frac{\gamma_s \cdot c_p \cdot T_s [X - Y] + C}{c_p \cdot T_s} \; kg,$$

wobei

$$X = (m+\varepsilon) \cdot \left(\frac{p_1}{p_s}\right)^{\frac{1}{n}}$$

$$Y = (m+x) \cdot \left(\frac{p_0}{p_s}\right)^{\frac{1}{\varkappa}}.$$

Für die vier Zylinderseiten der Diesel-Druckluft-Lokomotive beträgt dann der stündliche Luftverbrauch bei J m³ Zylinderinhalt und n Treibradumdrehungen in der Sekunde:

$$G = 4 \cdot J \cdot n \cdot 3600 \cdot G_H = 4 \cdot J \cdot n \cdot 3600 \cdot \frac{\gamma_s \cdot c_p \cdot T_s [X - Y] + C}{c_p \cdot T_s}.$$

Entsprechend dem Vorgehen bei der Dampflokomotive wurde nun an Hand der von Strahl abgeleiteten Formeln der mittlere indizierte Druck p_i im Luftzylinder für verschiedene Treibraddrehzahlen n und Zylinderfüllungen ε berechnet. Hieraus ergaben sich die Zahlenwerte für die indizierte Lokomotivleistung N_i, die in Zahlentafel 4 aufgeführt sind.

Zahlentafel 4.
Indizierte Lokomotivleistung N_i der Dieseldruckluftlokomotive für verschiedene Drehzahlen und Füllungen.

	n = 0,5	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4
ε = 0,2	126	215	324	370	370
ε = 0,3	200	358	597	765	877
ε = 0,4	266	490	861	1160	1400
ε = 0,5	321	601	1090	1510	1870
ε = 0,6	363	693	1290	1820	2300
ε = 0,7	403	780	1480	—	—

Nach der oben abgeleiteten Formel wurde der stündliche Luftverbrauch G der Lokomotivmaschine für verschiedene Treibraddrehzahlen n und Füllungen ε berechnet. Die Zahlenwerte sind in Zahlentafel 5 aufgeführt.

Zahlentafel 5.
Stündlicher Luftverbrauch der Lokomotivmaschine für verschiedene Drehzahlen und Füllungen.

	n = 0,5	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4
ε = 0,2	1860	3400	5830	7640	8900
ε = 0,3	2720	5010	8800	11720	13970
ε = 0,4	3630	6775	12300	16540	20150
ε = 0,5	4525	8530	15500	21440	26480
ε = 0,6	5430	10380	19200	27000	33830
ε = 0,7	6400	12330	23200	—	—

Mit Hilfe der Zahlentafel 4 und 5 wurde für die Drehzahlen n = 0,5 bis n = 4 die Betriebs-Charakteristik der Druckluftlokomotive aufgezeichnet (Textabb. 11), d. h. der Luftverbrauch der Lokomotivmaschine über der indizierten Leistung. Der Luftverbrauch wird begrenzt durch die Lufterzeugung des Motorkompressor-Aggregats. In Textabb. 12 ist auf Grund von Versuchsergebnissen der stündliche Brennstoffverbrauch des Motors und die stündlich erzeugte Luftmenge über der Motordrehzahl aufgetragen. Aus den beiden Kurven läßt sich die einem bestimmten, stündlichen Brennstoffverbrauch entsprechende stündlich erzeugte Luftmenge feststellen.

Schneiden wir in der Betriebs-Charakteristik (Textabb. 11) die Luftverbrauchskurven durch Linien gleicher Lufterzeugung, d. h. gleichbleibenden Brennstoffverbrauchs, so ergeben sich hieraus die indizierten Lokomotivleistungen für verschiedene Treibraddrehzahlen und Brennstoffverbrauchswerte. Die Werte für N_i sind in Zahlentafel 6 aufgeführt, wo auch die entsprechenden Werte für $Z_i = \frac{270 \cdot N_i}{V}$ eingetragen sind.

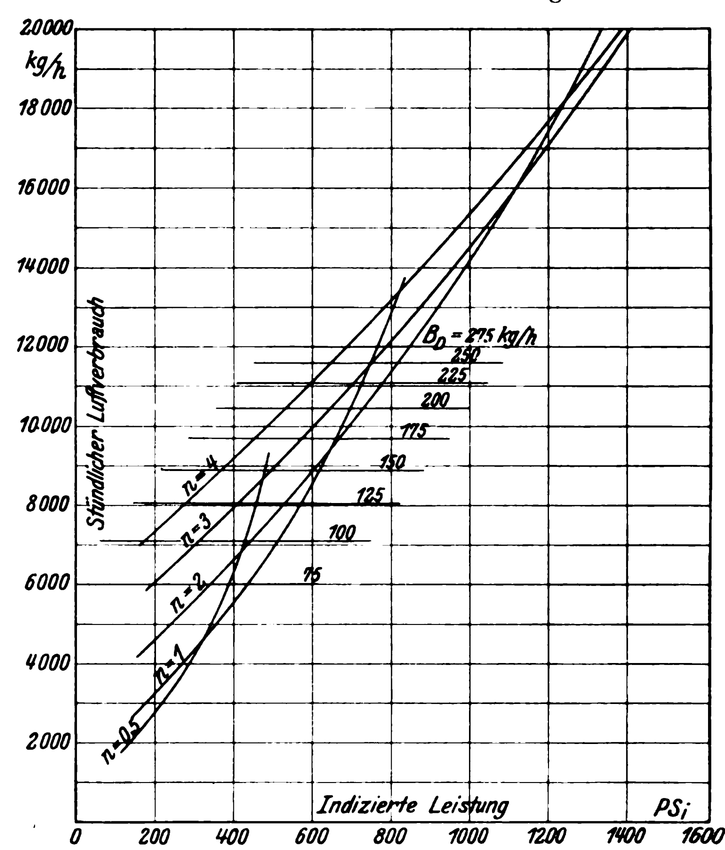


Abb. 11. Diesel-Druckluft-Lokomotive.
Stündlicher Luftverbrauch bei verschiedenen Treibrad-Drehzahlen in Abhängigkeit von der indizierten Leistung.

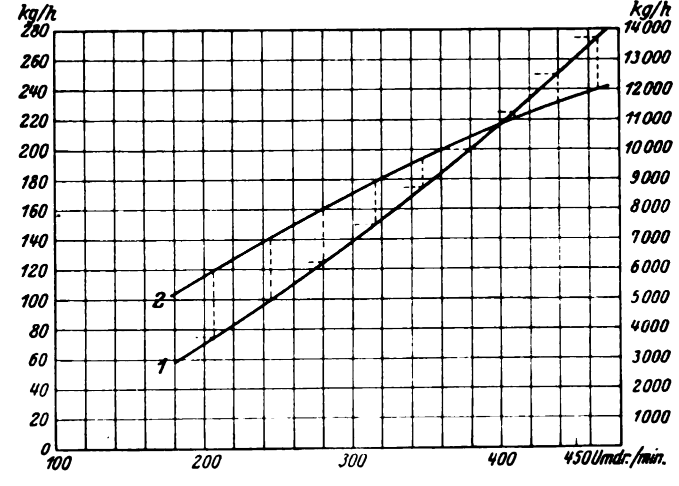


Abb. 12. Diesel-Druckluft-Lokomotive.
1 Stündlicher Brennstoffverbrauch des Hauptmotors.
2 Stündliche Lufterzeugung des Kompressors.

Zahlentafel 6.

B kg/h		n=0,5 V=7,07	n=1 V=14,14	n=2 V=28,28	n=3 V=42,42	n=4 V=56,56 km/h
B=250	N_i	---	745	815	750	650 PS_i
	Z_i	--	14200	7800	4800	3100 kg
B=225	N_i	--	725	775	700	595 PS_i
	Z_i	—	13800	7400	4450	2840 kg
B=200	N_i	--	695	730	645	530 PS_i
	Z_i	—	13300	6950	4100	2530 kg
B=175	N_i	495	660	665	575	450 PS_i
	Z_i	18900	12600	6400	3650	2150 kg
B=150	N_i	480	620	600	495	370 PS_i
	Z_i	18300	11800	5750	3150	1770 kg
B=125	N_i	455	570	530	410	275 PS_i
	Z_i	17400	10900	5050	2610	1310 kg
B=100	N_i	425	510	440	310	170 PS_i
	Z_i	16200	9750	4200	1970	810 kg
B= 75	N_i	385	435	340	190	— PS_i
	Z_i	14700	8300	3250	1210	— kg

An Hand der Zahlentafel 6 wurden in Textabb. 13 die Zugkraftkurven gleichbleibenden Brennstoffverbrauchs über der Fahrgeschwindigkeit aufgezeichnet. Der Zugwiderstand W_z auf wagrechter gerader Bahn ergibt sich als Summe von Lokomotiv- und Wagenwiderstand.

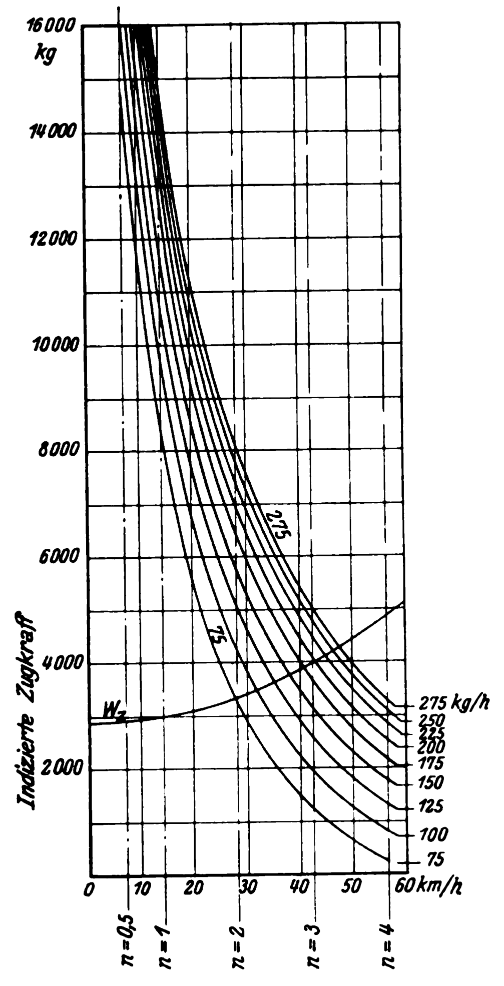


Abb. 13. Diesel-Druckluft-Lokomotive. Zugkraftkurven gleichbleibenden Brennstoffverbrauchs.

Auf die Dieseldruckluftlokomotive kann ohne weiteres die Strahlsche Formel für den Laufwiderstand der Dampflokomotive angewandt werden. Damit ist:

$$W_L = 2{,}5 . 31 + 9{,}3 . 85 + 0{,}6 . 10 . (V/10)^2$$
$$= 868 + 6 . (V/10)^2 \; kg$$

V km/h	0	10	20	30	40	50
W_L *kg*	868	874	892	922	964	1018
W_w *kg*)*	2000	2057	2228	2513	2912	3425
W_z *kg*	2868	2931	3120	3435	3876	4443

*) Ableitung s. im vor. Heft.

Aus dem Z V-Diagramm wurde das s V-Diagramm (Taf. 7, Abb. 2) abgeleitet.

Die Bahndiagramme für die Dieseldruckluftlokomotive (Tafel 7, Abb. 4) ergeben:

Strecke	Entfernung	Brennstoffverbrauch ohne Hilfseinr.	Gesamte Fahrzeit
Stuttgart—Ulm	94,0 *km*	817 *kg*	203 Min.
Ulm—München	146,5 „	817 „	237 „
Ulm—Stuttgart	94,0 „	377 „	151 „
	334,5 *km*	2011 *kg*	591 Min.

Durchschnittl. Fahrgeschwindigkeit $\frac{334{,}5 . 60}{591} = 34$ *km/h*.

Der Brennstoffverbrauch des Hilfsmotors wird zu 5 *kg/h* angenommen. Damit erhalten wir für die Zugfahrt:

Brennstoffverbrauch des Hauptmotors . . . 2011 *kg*

Brennstoffverbrauch des Hilfsmotors $\frac{5 . 591}{60} =$ 49 „

2060 *kg*

Brennstoffverbrauch auf 1000 Lok.km

$$B = \frac{2060 . 1000}{334{,}5} = 6150 \; kg.$$

Gegenüberstellung der Zugförderungskosten des Dampf- und Diesel-Lokomotivbetriebs.

Die Stoffpreise, die bei der nachstehenden Kostenaufstellung in Ansatz kommen, sind:

Kohle und Brikett frei Tender (im Verhältnis 4,5:1) . . . . 30,— *RM/t*
Motorentreiböl (Gasöl) frei Lokomotive . 11,50 *RM*/100 *kg*
Heißdampfzylinderöl . . . . 75,— *RM*/100 *kg*
Motorenschmieröl . . . . 50,— *RM*/100 *kg*
Achsöl (für Achslager und Triebwerk) . 28,— *RM*/100 *kg*
Wasser frei Lokomotive . . . . 0,15 *RM/t*

Heißdampflokomotive.

A. Sächliche Ausgaben.

1. Kosten für Betriebsstoffe.

a) Brennstoffe.

Der Kohlenverbrauch auf 1000 Lok./km wurde zu 25500 kg ermittelt, damit sind die Kosten 25500.30/1000 = ... 765 *RM*

b) Schmierstoffe.

Der Verbrauch auf 1000 Lok.km ist:
3 *kg* Heißdampfzylinderöl 3.75/100 = 2,25 *RM*
17 *kg* Achsöl . . . . . 17.28/100 = 4,75 *RM*
7 *RM*

c) Wasser.

Der Dampfverbrauch ergab sich zu 52645 *kg*, damit entfallen auf 1000 Lok.km

$\frac{52645 . 1000}{334{,}5} = 157000$ *kg*

10% Zuschlag = 15700 „

172700 *kg*.0,15/1000 . . . . 26 *RM*

Zu übertragen . . . 798 *RM*

Übertrag . . . 798 RM

d) Putzmittel.

Für Putzwolle und Putzöl sind auf 1000 Lok.km anzusetzen etwa . . . . 3 RM

e) Beleuchtungsmittel.

Für Beleuchtungsmittel sind auf 1000 *km* anzusetzen etwa . . . . 1 RM

f) Sonstige Verbrauchsstoffe.

Auf 1000 Lok./km entfallen für Verbrauchsstoffe und Vorratstücke etwa. . . . . 18 RM

2. Kosten für die Lokomotive.

a) Verzinsung und Tilgung des Beschaffungskapitals.

Leergewicht der Lokomotive (mit Tender) 91600 *kg*.

Anschaffungskosten pro kg Leergewicht 1,85 RM.

Anschaffungskosten: 91600 . 1,85 = 170000 RM.

Jährliche Kosten für Versinzung und Tilgung

$$\frac{170000 \cdot (6+5)}{100} = 18700 \text{ RM}$$

Bei einer Jahresleistung von 87000 Lok.km entfallen auf 1000 Lok.km 18700 : 87 = . . 215 RM

b) Ausbesserung in den Hauptwerkstätten.

Für Haupt- und Zwischenausbesserung entfallen auf 1000 Lok.km . . . . 290 RM

c) Verzinsung und Tilgung der Lokomotivbehandlungsanlagen

Auf 1000 Lok.km entfallen . . . . 150 RM

B. Persönliche Ausgaben.

Auf 1000 Lok.km entfallen nach Wirtschaftlichkeitsübersicht der D.R.B. an Löhnen (abzüglich etwaiger Stoffkosten) für:

1. Lokomotivpersonal . . . . 430 RM
2. Betriebshandwerker . . . . 38 RM
3. Betriebsarbeiter . . . . 58 RM
4. Lokomotivdienstleitung und Aufsicht . . 25 RM

2026 RM

Diesel-Elektro-Lokomotive.

A. Sächliche Ausgaben.

1. Kosten für Betriebsstoffe.

a) Brennstoffe.

Der Brennstoffverbrauch auf 1000 Lok./km wurde zu 5080 *kg* ermittelt, damit sind die Kosten: 5080 . 11,5/100 = ... 585 RM

b) Schmierstoffe.

(Der Schmierstoffverbrauch des Dieselmotors entspricht etwa 1,6% des Brennstoffverbrauchs.)

Dieselmotor 5080 . 1,6/100 = 81 *kg*
Elektrischer Teil . 1 „ } 50/100 = 41 RM
Laufwerk . . . . 10 „ 28/100 = 2,8 RM

∼ 44 RM

c) Wasser . . . . 0 RM

d) Putzmittel.

Für Putzwolle und Putzöl sind auf 1000 Lok.km anzusetzen . . . . 8 RM

e) Beleuchtungsmittel.

Auf 1000 Lok.km sind anzusetzen etwa. . 2 RM

f) Sonstige Verbrauchsstoffe.

Die Kosten sind um etwa 20% höher als bei der Dampflokomotive, damit 18 . 120/100 = . ∼ 22 RM

Zu übertragen . . . 661 RM

Übertrag . . . 661 RM

2. Kosten für die Lokomotive.

a) Verzinsung und Tilgung des Beschaffungskapitals.

Leergewicht der Lokomotive 114000 kg.

Anschaffungskosten pro *kg* Leergewicht 3 RM

Anschaffungskosten : 114000 . 3,0 = 342000 RM

Jährliche Kosten für Verzinsung und Tilgung:

$$\frac{342000 \cdot (6+5)}{100} = 37600 \text{ RM}$$

Bei einer Jahresleistung von 118000 Lok.km entfallen auf 1000 Lok.km: 37600 : 118 = . . 319 RM

b) Ausbesserung in den Hauptwerkstätten.

Die Kosten für Haupt- und Zwischenausbesserung sind zu etwa 80% derjenigen der Dampflokomotive anzusetzen damit 290 . 80/100 = ... ∼ 235 RM

c) Verzinsung und Tilgung der Lokomotivbehandlungsanlagen.

Die Kosten werden zu 60% derjenigen der Dampflokomotive angenommen 150 . 60/100 = 90 RM

B. Persönliche Ausgaben.

1. Lokomotivpersonal $\frac{430 \cdot 300}{400}$ = ... 325 RM
2. Betriebshandwerker . . . . 38 RM
3. Betriebsarbeiter $\frac{58 \cdot 20}{100}$ = ... 12 RM
4. Lokomotivdienstleitung und Aufsicht $\frac{25 \cdot 60}{100}$ = ... 15 RM

1695 RM

Diesel-Getriebe-Lokomotive.

A. Sächliche Ausgaben.

1. Kosten für Betriebsstoffe.

a) Brennstoffe.

Der Brennstoffverbrauch auf 1000 Lok./km wurde zu 4350 *kg* ermittelt, damit sind die Kosten: 4350 . 11,5/100 = ... 500 RM

b) Schmierstoffe.

Dieselmotor 4350 . 1,6/100 = 70 *kg*
Getriebe . . . . . 12 „ } .50/100 = 41 RM
Laufwerk . . . . 14 „ .28/100 ≃ 4 RM

45 RM

c) Wasser . . . . 0 RM

d) Putzmittel.

Für Putzwolle und Putzöl sind auf 1000 Lok.km anzusetzen. etwa . . . . . . 10 RM

e) Beleuchtungsmittel.

Auf 1000 Lok.km sind anzusetzen etwa . . 3 RM

f) Sonstige Verbrauchsstoffe.

Die Kosten sind um etwa 30% höher als bei der Dampflokomotive, damit 18 . 130/100 = . ∼ 24 RM

2. Kosten für die Lokomotive.

a) Verzinsung und Tilgung des Beschaffungskapitals.

Leergewicht der Lokomotive 124000 *kg*

Anschaffungskosten pro *kg* Leergewicht 2,5 RM

Anschaffungskosten: 124000 . 2,5 = 310000 RM.

Jährliche Kosten für Verzinsung und Tilgung:

$$\frac{310000 \cdot (6+5)}{100} = 34100 \text{ RM.}$$

Zu übertragen . . . 582 RM

Übertrag . . . 582 RM

Bei einer Jahresleistung von 118000 Lok.km entfallen auf 1000 Lok.km: 34100 : 118 = . . 289 RM

b) Ausbesserung in den Hauptwerkstätten.

Die Kosten für Haupt- und Zwischenausbesserung sind zu etwa 90% derjenigen der Dampflokomotive anzusetzen 290.90/100 = 260 RM

c) Verzinsung und Tilgung der Lokomotivbehandlungsanlagen.

Die Kosten werden zu 60% derjenigen der Dampflokomotive angenommen 150.60/100 = 90 RM

B. Persönliche Ausgaben.

1. Lokomotivpersonal . . . . 325 RM
2. Betriebshandwerker . . . . 38 RM
3. Betriebsarbeiter . . . . 12 RM
4. Lokomotivdienstleitung und Aufsicht . . . 15 RM

1611 RM

Diesel-Druckluft-Lokomotive.

A. Sächliche Ausgaben.

1. Kosten für Betriebsstoffe.

a) Brennstoffe

Der Brennstoffverbrauch auf 1000 Lok./km wurde zu 6150 *kg* ermittelt, damit sind die Kosten: 6150 . 11,5/100 = ... 708 RM

b) Schmierstoffe

Dieselmotor 6150 . 1,6/100 = 98 *kg* } 50/100 = 57 RM
Kompressor . . . 16 „ }
Lokomotivzylinder . 3 kg . 75/100 = 2,25 RM
Laufwerk . . . . . 17 kg . 28/100 = 4,75 RM

64 RM

c) Wasser . . . . 0 RM

d) Putzmittel . . . . 10 RM

e) Beleuchtungsmittel . . . . 3 RM

f) Sonstige Verbrauchsstoffe

Die Kosten sind um etwa 30% höher als bei der Dampflokomotive, damit 18 . 130/100 = . . . 24 RM

2. Kosten für die Lokomotive.

a) Verzinsung und Tilgung des Beschaffungskapitals.

Leergewicht der Lokomotive 110000 *kg*.
Anschaffungskosten pro *kg* Leergewicht 2,3 RM
Anschaffungskosten: 110000 . 2,3 = 253000 RM

Jährliche Kosten für Verzinsung und Tilgung:

$$\frac{253000 . (6+5)}{100} = 27800 \text{ RM}$$

Bei einer Jahresleistung von 118000 Lok.km entfallen auf 1000 Lok.km: 27800 : 118 = . 236 RM

b) Ausbesserung in den Hauptwerkstätten.

Die Kosten für Haupt- und Zwischenausbesserung sind zu etwa 85% derjenigen der Dampflokomotive anzusetzen 290 . 85/100 = . 250 RM

c) Verzinsung und Tilgung der Lokomotivbehandlungsanlagen.

Die Kosten werden zu 60% derjenigen der Dampflokomotive angenommen 150 . 60/100 = 90 RM

B. Persönliche Ausgaben.

1. Lokomotivpersonal . . . . 325 RM
2. Betriebshandwerker . . . . 38 RM
3. Betriebsarbeiter . . . . 12 RM
4. Lokomotivdienstleitung und Aufsicht . . . . 15 RM

1775 RM

Bei dem vorstehenden Vergleich wurde, da es sich um Güterzuglokomotiven handelt, die Heizung der Züge nicht berücksichtigt. Bei Diesellokomotiven, welche für den Personenzugdienst bestimmt sind, wird der Dampf für die Zugheizung zweckmäßig mittels eines kleinen ölgefeuerten Kessels erzeugt unter möglichster Ausnützung der Motorabgase. Die Zugheizung kommt gegenüber dem Dampflokomotivbetrieb etwas teurer zu stehen, das Ergebnis der Vergleichsrechnung dürfte aber dadurch nicht nennenswert beeinflußt werden.

Zusammenstellung der Betriebskosten für 1000 Lok.km.

	Dampf-lokomotive RM	Diesel-Elektro-Lokomotive RM	Diesel-Getriebe-Lokomotive RM	Diesel-Luft-Lokomotive RM
A. Sächliche Ausgaben				
1. Kosten für Betriebsstoffe				
a) Brennstoffe . . .	765	585	500	708
b) Schmierstoffe . . .	7	44	45	64
c) Wasser	26	0	0	0
d) Putzmittel	3	8	10	10
e) Beleuchtungsmittel .	1	2	3	3
f) Sonstige Verbrauchsstoffe	18	22	24	24
2. Kosten für die Lokomotive				
a) Verzinsung und Tilgung des Beschaffungskapitals . . .	215	319	289	236
b) Ausbesserung in den Hauptwerkstätten .	290	235	260	250
c) Verzinsung und Tilgung der Lokomotivbehandlungsanlagen	150	90	90	90
B. Persönliche Ausgaben				
1. Lokomotivpersonal .	430	325	325	325
2. Betriebshandwerker	38	38	38	38
3. Betriebsarbeiter . .	58	12	12	12
4. Lokomotivdienstleitung und Aufsicht	25	15	15	15
Gesamtkosten . .	2026	1695	1611	1775
Ersparnis gegenüber der Dampflokomotive % .	0	331	415	251

Schlußwort.

Die Gegenüberstellung der Betriebskosten der Dampf- und Diesellokomotive zeigt deutlich die wirtschaftliche Überlegenheit der Diesellokomotive.

Bei der Beurteilung des Ergebnisses darf nun nicht außer Acht gelassen werden, daß die dem Vergleich zugrunde gelegten Diesellokomotiven noch keine abgeschlossenen Lösungen darstellen. Die behandelten Lokomotiven sind vielmehr erste Versuchsausführungen, weshalb ihnen manche Mängel anhaften, die auf Grund der bisherigen Erfahrungen bei einem Neubau vermieden werden können.

Über die Schienenwanderung.

Von **Eugen Jurenák,** Oberingenieur der Königl. Ungar. Staatseisenbahnen, Budapest.

Unter Schienenwanderung versteht man jene am Eisenbahnoberbau häufig vorkommende Erscheinung, daß sich die Schienen gleichlaufend mit der Bahnachse in der einen oder anderen Richtung verschieben. Jeder Schienenwanderungsabschnitt besteht aus drei Teilen. Im vorderen Teil sind die Stoßfugen im allgemeinen kleiner als das Durchschnittsmaß: gedrückter Teil. Im hinteren Teil hingegen sind sie zumeist größer: gezogener Teil. Dazwischen ist ein Abschnitt ohne besonderes Gepräge vorhanden: Übergangsteil. (Vorerst sei nur von kurzen Abschnitten bis zu beiläufig 100 Schienenlängen die Rede.)

Unter Höchst- und Mindestmaß der Stoßfugen h_{max} und h_{min} sind jene zwei Grenzmöglichkeiten zu verstehen, die unter vollständiger Ausnützung des Spielraumes zwischen Laschenschraubenbolzen und Lochungen von Schiene und Lasche zustande kommen. Darüber hinaus kann eine weitere

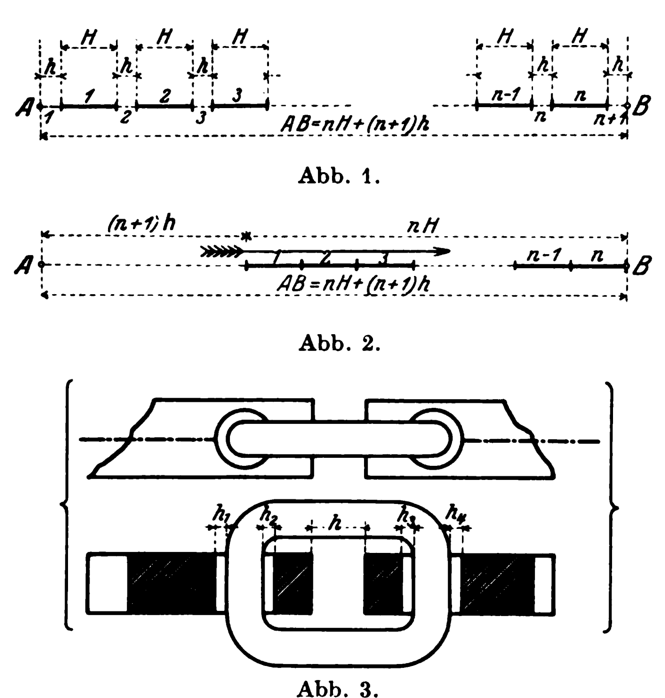


Abb. 1.

Abb. 2.

Abb. 3.

Vergrößerung oder Verkleinerung nurmehr unter Zerstörung des Materials geschehen, was bei den folgenden Erörterungen jedoch außer Betracht bleiben soll.

Die Anordnung der Schienen vor Beginn des Wanderns sei die Anfangslage. Die Anordnung, bei der die Spielräume ausnahmslos zur völligen Ausnützung kamen, sei Endlage genannt. Unter Regelfuge h ist jenes Stoßfugenmaß zu verstehen, das dem jeweiligen Wärmegrad entspricht. Wenn also beim Legen der Schienen die Regelfuge Anwendung fand, wird in der Folge das Durchschnittsmaß der Stoßfugen bei jedem Wärmegrad eben die Regelfuge sein. Der Einfachheit wegen sei stets dieser Fall vorausgesetzt.

Für die vorgefundenen Maße der Stoßfugen im allgemeinen werde die Bezeichnung h_v für das Längenmaß der Schienen H angewendet.

Nehmen wir an, daß zwischen den Punkten A und B Stangen von der Länge H in Abständen h nebeneinander gereiht sind (Abb. 1). Falls die Anzahl der Stangen n beträgt, so ist $AB = nH + (n+1)h$. Wenn die Stangen von A nach B verschoben werden, bis sie durchwegs anschließen, wird die neue Anordnung der Abb. 2 entsprechen. Es sei nun angenommen, daß die Stangen an den Enden durchbohrt sind und mittels Ringen kettenartig zusammenhängen (Abb. 3). Wenn die Verschiebung unter solchen Verhältnissen vor sich geht, werden in der Endlage die Fugen links das mögliche Höchstmaß $h_A = h + h_2 + h_3$ erreichen, wohingegen auf der rechten Seite die Fugen minimal sein werden: $h_B = h - (h_1 + h_4)$. Die Bedingung des völligen Anschließens der Stangen ($h_B = 0$) ist: $h < h_1 + h_4$.

Es seien nun an einem wandernden Schienenstrange die Punkte A und B zwei unbewegliche Stellen (z. B. Endweichen von Stationen) und die auf Abb. 1 sichtbaren Stangen die Schienen, die in der Richtung von A nach B eben zu wandern beginnen. Mit dem Vorschreiten der Schienenwanderung vergrößern und verringern sich die Stoßfugen, indem sie sich den Grenzmaßen nähern, die im gezogenen Teil h_{max}, im gedrückten Teil $h_{min} = 0$ betragen. (Der Einfachheit wegen sei nämlich stets vorausgesetzt, daß die Schienenverbindung das Anschließen der Schienen zuläßt.) Sie erscheinen in der Zeitfolge zuerst bei A und B, während in der Mittelgegend die Maße eine Zeitlang keine bedeutenden Veränderungen erleiden. Allmählich vermehren sich in den Richtungen zur Mitte die Stoßfugen der Grenzmaße, wogegen der Übergangsteil beständig abnimmt, bis endlich sämtliche

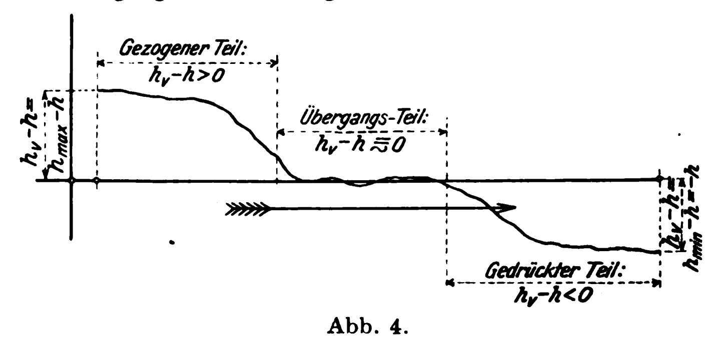


Abb. 4.

Stoßfugen zu h_{max} und h_{min} geworden sind, d. h. die Endlage zustande gekommen ist. Zur Veranschaulichung werde ein Koordinaten-Achsensystem angenommen, in dem die Abszissen die Entfernungen der Schienenstöße vom Anfangspunkte 0 des Achsensystems, die Ordinaten die Größenunterschiede zwischen den vorgefundenen Stoßfugen und der Regelfuge bedeuten. Ermitteln wir die Unterschiede derart, daß von den vorgefundenen Stoßfugen die Regelfuge abgezogen wird, so werden im gezogenen Teil positive Ordinaten $y = h_v - h > 0$, im gedrückten Teil negative Ordinaten $y = h_v - h < 0$ erzielt werden (Abb. 4). In der Endlage haben die vorgefundenen Stoßfugenmaße nur mehr zweierlei Werte: h_{max} und h_{min}, demzufolge die Ordinaten ebenfalls beständig sind: $y = h_{max} - h$ (gezogener Teil) und $y = h_{min} - h = -h$ (gedrückter Teil). Hieraus aber ist zu entnehmen, daß in der Endlage der Übergang vom gezogenen Teil auf den gedrückten eine sprungweise Umwandlung ist, die bei der Übergangsstoßfuge $h_ü$ eintritt. Diese bleibt nunmehr als einzige unbeständig und kann von $h_{min} = 0$ bis h_{max} sämtliche Maße annehmen (Abb. 5). Je nachdem, ob $h_ü \gtrless h$ ist, erscheint die Ordinate bei $h_ü$ als positiv, 0, oder negativ. Zur Bestimmung der Stelle des Überganges diene folgender Gedankengang: das Gesamtmaß der Stoßfugen eines abgegrenzten Schienenwanderungsabschnittes bleibt bei demselben Wärmegrad — unabhängig von den Verschiebungen der Schienen — unverändert (vergl. auch Abb. 1 und 2). Da nun in der Endlage ($h_ü$ ausgenommen) nur noch Stoßfugen vom Höchstmaße vorhanden sein können und zwar im gezogenen Teile, da im gedrückten Teile bereits sämtliche

Stoßfugen verschwunden sind, so fragt es sich, auf wie viele Fugen dieses Maßes das Gesamtmaß teilbar ist, nämlich was $\frac{(n+1)h}{h_{max}}$ beträgt? Wenn $(n+1)h$ durch h_{max} zufällig restlos teilbar ist, wird auch $h_ü$ vom Höchstmaße oder vom Mindestmaße (0) sein, in allen übrigen Fällen hingegen dem Rest entsprechen.

da hierdurch die Möglichkeit vergrößert wird, daß sich die Schienenstränge verwerfen.

Versuchen wir nun die Gesetzmäßigkeit der Verschiebungen festzustellen.

Zur gemeinsamen Behandlung des Wanderns beider Schienenstränge sind drei Fälle zu unterscheiden:

1. Beide Schienenstränge wandern in der gleichen

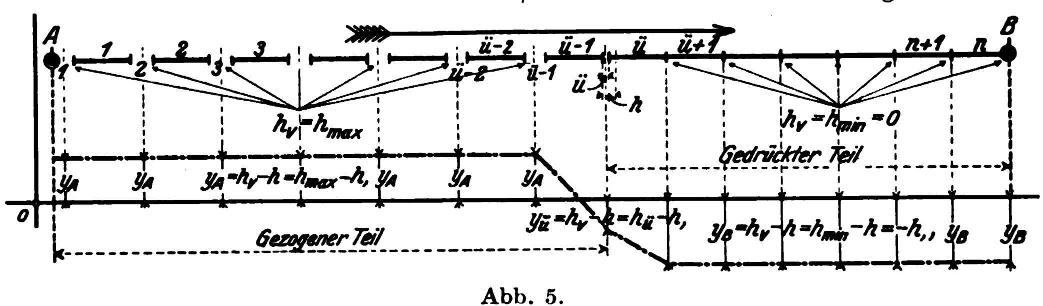


Abb. 5.

Richtung und zwar entweder mit derselben oder mit verschiedener Geschwindigkeit.

2. Die Schienenstränge wandern in entgegengesetzter Richtung.

3. Das Wandern erstreckt sich bloß auf den einen Schienenstrang (Mittelfall zwischen 1 und 2). Der Einfachheit wegen werde nur der Fall 3. behandelt, da auf ihn die beiden anderen leicht zurückzuführen sind.

Bis zum Eintritte der Endlage rückte im gezogenen Teil vom Anfange A gerechnet:

die Schiene 1. um das Stück $1 \times (h_{max} - h)$
„ „ 2. „ „ „ $2 \times (h_{max} - h)$
„ „ 3. „ „ „ $3 \times (h_{max} - h)$
— — — — — — — — — — — — —
— — — — — — — — — — — — —
— — — — — — — — — — — — —
die Schiene ü — 2. um das Stück $(ü - 2) \times (h_{max} - h)$
„ „ ü — 1. „ „ „ $(ü - 1) \times (h_{max} - h)$
„ „ ü. „ „ „ $(ü - 1) \times (h_{max} - h) + (h_ü - h)$ vor.

Je nachdem, ob $h_ü \gtreqless h$ ist, erleidet die Schiene ü der Schiene ü — 1 gegenüber noch eine weitere Verschiebung $h_ü - h$; oder es bleibt die Verschiebung beider Schienen gleich:

$$(ü - 1) \times (h_{max} - h);$$

oder aber es bleibt schon die Schiene ü der Schiene ü—1 gegenüber um das absolute Maß $(h_ü - h)$ zurück. Im gedrückten Teil verschoben sich die Schienen von B aus gerechnet in folgenden Maßen:

die Schiene n. um das Stück $1 \times h$
„ „ n — 1. „ „ „ $2 \times h$
„ „ n — 3. „ „ „ $3 \times h$
— — — — — — — — — — — —
— — — — — — — — — — — —
— — — — — — — — — — — —
die Schiene ü + 2. um das Stück $(ü + 2) \times h$
„ „ ü + 1. „ „ „ $(ü + 1) \times h$

Während also im gezogenen Teile die Schienen gegenüber ihren bewegungslosen Paaren stufenweise um je $h_{max} - h$, also linear anwachsend voreilten, verringert sich diese Verzerrung im gedrückten Teile ebenfalls stufenweise um je h bis zu der bei B wieder hergestellten Regellage. Das Höchstmaß der Verzerrung erscheint also bei dem Übergang. Dies ist auf Abb. 6 dargestellt und zwar der besondere Fall, daß der Übergang in die Mitte von AB fällt. Die Bedingung hierfür ist, daß $h = \frac{h_{max}}{2}$, folglich $h_{max} - h = h$, die Anzahl der Stufen für das Anwachsen und Abnehmen

Beispiel 1.

$$H = 12{,}00$$
$$h = 0{,}0065 \text{ m} \quad \text{(entspricht ungefähr dem Wärmegrad } \pm 0{,}0^0 \text{ C)}$$
$$h_{max} = 0{,}014 \text{ m}$$
$$h_{min} = 0{,}000 \text{ m}$$
$$n = 100$$

Es werde festgestellt, wo in der Endlage die Stelle des Überganges, also die Übergangsstoßfuge sein muß? Das gesamte Ausmaß der Stoßfugen beträgt:

$$(n+1)h = 101 \times 0{,}0065 \text{ m} = 0{,}6565 \text{ m}$$
$$\frac{(n+1)h}{h_{max}} = \frac{0{,}6565}{0{,}014} = 656{,}5 : 14 = 64$$
96
12,5

Der gezogene Teil umfaßt also 47 Stoßfugen und 46 Schienen. 46 Stoßfugen sind vom Höchstmaße, die letzte (Übergangsstoßfuge $h_ü$) bloß 12,5 mm.

Aus der Berechnung ist klar zu ersehen, daß die Stelle des Überganges vom herrschenden Wärmegrade abhängt. Da nämlich h_{max} beständig bleibt, ist für den Quotienten allein h maßgebend. Wenn h infolge des niedrigen Wärmegrades groß ist, ist auch der Quotient groß, demgemäß kommt die Übergangsstelle nahe an B heran. Bei hohem Wärmegrad, also bei einem kleinen h, verhält sich die Sache umgekehrt.

Beispiel 2.

$$h = 0{,}010 \text{ m} \quad (-25^0 \text{ C})$$
$$\frac{(n+1)h}{h_{max}} = \frac{1{,}010}{0{,}014} = 72$$

Beispiel 3.

$$h = 0{,}001 \text{ m} \ (+38^0 \text{ C})$$
$$\frac{(n+1)h}{h_{max}} = \frac{0{,}101}{0{,}014} = 7$$

Aus dem Angeführten ist ersichtlich, daß bei sinkendem Wärmegrade und bereits weit vorgeschrittener Schienenwanderung, besonders aber nach Eintritt der Endlage, die Spannung im gedrückten Teil nachläßt, hingegen im gezogenen Teile anwächst, indem sich hier die Stoßfugen dem Höchstmaße nähern.

Dies äußert sich durch Verschiebung der Übergangsstelle in der Richtung der Wanderung, also von A nach B.

Das Gegenteil tritt ein, wenn der Wärmegrad steigt. In diesem Falle wird nämlich die Übergangsstelle in der Richtung entgegengesetzt der Wanderung verschoben, wobei die Spannung im gezogenen Teile zwar nachläßt, jedoch im gedrückten Teile wächst. Selbstredend ist dies ungünstiger,

also gleich ist. Wenn h groß ist (Wärmegrad niedrig, Übergangsstelle nahe an B), ist $h_{max} - h$ klein, folglich das Anwachsen gelinde, das Abnehmen jäh. Bei kleinem h verhält sich die Sache umgekehrt (vergl. auch Beispiel 2. und 3.).

Mit den letzten Darlegungen wurde bewiesen, daß die Endlage tatsächlich von A und B beginnend in den Richtungen zum späteren Übergang zustande kommt: je weiter entfernt nämlich die Schienen von den Endpunkten A und B liegen, um so größere Verschiebungen sind bis zum Erreichen ihrer Endlagen nötig.

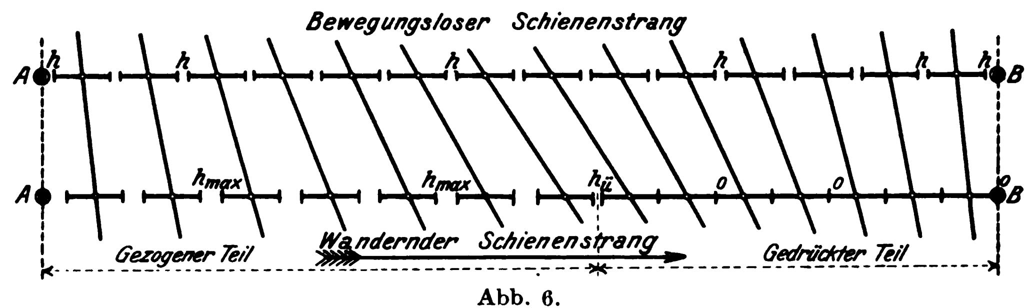


Abb. 6.

Die behandelte Gesetzmäßigkeit kommt in der anwachsenden oder abnehmenden Verdrehung der die gegenüberliegenden Schienenstöße verbindenden Linien — der Stoßlinien — und infolgedessen meistens auch der Stoßschwellen zum sichtbaren Ausdruck, zu deren Veranschaulichung Abb. 6 dient, woselbst je eine Linie die Richtung der Stoßlinien eines Schienenpaares bedeutet. Es bedarf keiner weiteren Erörterung, daß die Stelle des Höchstmaßes der Verdrehung mit derjenigen für die Verschiebung zusammenfällt.

Aus den bisherigen Erörterungen wurde klar, daß jedem Wärmegrad ein gewisses Höchstmaß von Verschiebung (und zugleich Verdrehung) entspricht, das bei der Übergangsstelle zustande kommt, folglich nach der Formel:

$$V_{max} = \frac{(n+1)\,h}{h_{max}} (h_{max} - h)$$

$$V_{max} = (n+1)\,h - \frac{(n+1)\,h^2}{h_{max}}$$

bestimmt werden kann. Welches ist die Regelfuge, bei der diese Höchstmaße eintreten?

V_{max} nimmt das Höchtmaß an, wenn

$$\frac{d\,V_{max}}{d\,h} = 0 \text{ ist. Es ist also}$$

$$(n+1) - \frac{2\,(n+1)\,h}{h_{max}} = 0 \text{ oder}$$

$$1 - \frac{2\,h}{h_{max}} = 0, \text{ folglich ist das gesuchte Maß}$$

$h = \frac{h_{max}}{2}$. Das ist der bereits bekannte Fall, daß die Übergangsstelle in die Mitte fällt.

Beispiel 4.

$$n = 100$$
$$h_{max} = 0{,}014 \text{ m}$$
$$h = \frac{h_{max}}{2} = 0{,}007 \text{ m}$$

$$V_{max} = \frac{(100+1)\,0{,}007}{0{,}014} (0{,}014 - 0{,}007) \text{ m} = 0{,}3535 \text{ m}.$$

Behandeln wir nun die durch die Schienenwanderung verursachte sekundäre Bewegung der Schienen, die rechtwinklig zur Gleisachse nach einwärts eintritt, also eine Verringerung der Spurweite zur Folge hat. Die Spurweite ist durch die Schwellen festgelegt. Der Abstand der beiden Schienenstränge ist am größten, wenn die Schwellen rechtwinklig zur Gleisachse oder zu den Tangenten des Krümmungsbogens liegen. Diese Anordnung entspricht der Regelspur. Sobald die Schwellen von den beschriebenen Richtungen abweichen, entsteht die Spurverringerung. Wenn — wie es nach den bisherigen Darlegungen meistens der Fall ist — bloß die Stoßschwellen die Verdrehung erleiden, beschränkt sich die Spurverringerung auf die Gegend der Schienenstöße, was naturgemäß ein Biegen der Schienenenden nach einwärts zur Folge hat. Zur leichteren Behandlung sei wieder angenommen, daß nur der eine Schienenstrang wandert; der weiteren Vereinfachung wegen möge außerdem der wandernde Schienenstrang die Spurverringerung allein verursachen. Sei $\overline{OC_1}$ eine der Regellage entsprechende Stoßlinie. Durch die Verschiebung V wird $\overline{OC_1}$ um den Winkel α in die Lage $\overline{OC_2}$ verdreht, wodurch der Abstand T eine Verringerung von: $s = T\,(1 - \cos\alpha)$ erleidet (Abb. 7). Bekanntlich ist

$$\lim_{(\alpha=0)} \frac{1-\cos\alpha}{\alpha} = 0.$$

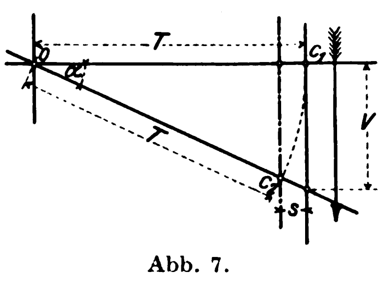


Abb. 7.

Hieraus ist zu ersehen, daß an der Stelle: $\alpha = 0$ der Zähler unendlich klein höheren Grades ist. Es handelt sich um den zweiten Grad, da bereits

$$\frac{1-\cos\alpha}{\alpha^2} = \frac{2\sin^2\frac{\alpha}{2}}{4\left(\frac{\alpha}{2}\right)^2} = \frac{2}{4},$$

also endlich ist.

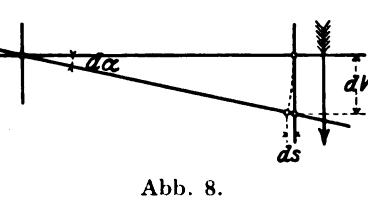


Abb. 8.

Bei der Stelle: $\alpha = 0$ entspricht also einer im ersten Grade unendlich kleinen Verdrehung $d\alpha$ und einer Verschiebung dV eine im zweiten Grade unendlich kleine Spurverringerung ds (Abb. 8). Mit dem linearen Anwachsen von α nimmt jedoch s in höherem Grade zu.

Selbstredend können die den größeren Werten von α entsprechenden theoretischen Spurverringerungen tatsächlich nicht entstehen, da dies die Spurkränze verhindern, was aber außer acht gelassen werde.

Diese geometrischen Erörterungen dienten übrigens nur zur Klarlegung dafür, daß bezüglich der Spurverringerung eine beginnende Verdrehung von kleinerer Wirkung ist als das weitere Anwachsen einer schon vorhandenen starken Verdrehung.

Im umgekehrten Sinne: das Streben der Spurkränze nach Vergrößerung der Spurweite tritt der Schienenwanderung an den Stellen, wo α noch klein ist in geringerem Maße entgegen als dort, wo die Stoßlinien schon stark verdreht sind, also die Spurverringerung bereits bedeutend ist.

Aus dem Angeführten kann erklärt werden, warum die Schienenwanderung anfänglich, wenn die Richtung der Stoß-

linien noch der Regellage entspricht, stärker ist als später, wenn die Stoßlinien bereits stark verdreht sind.

Es werde angenommen, daß die letzte Schiene des gezogenen Teiles um V_{max} vorgerückt ist. Wenn man dieses Maß in eben so viel gleiche Abschnitte einteilt als der gezogene Teil Schienen enthält, wird ersichtlich, um wie viel der Reihe nach die einzelnen Schienen verschoben wurden.

Überträgt man die Einteilung auf den aus 0 beschriebenen Kreisbogen vom Halbmesser T stets in der Richtung nach 0, so ergeben sich die Maße α der Verdrehungswinkel gegen

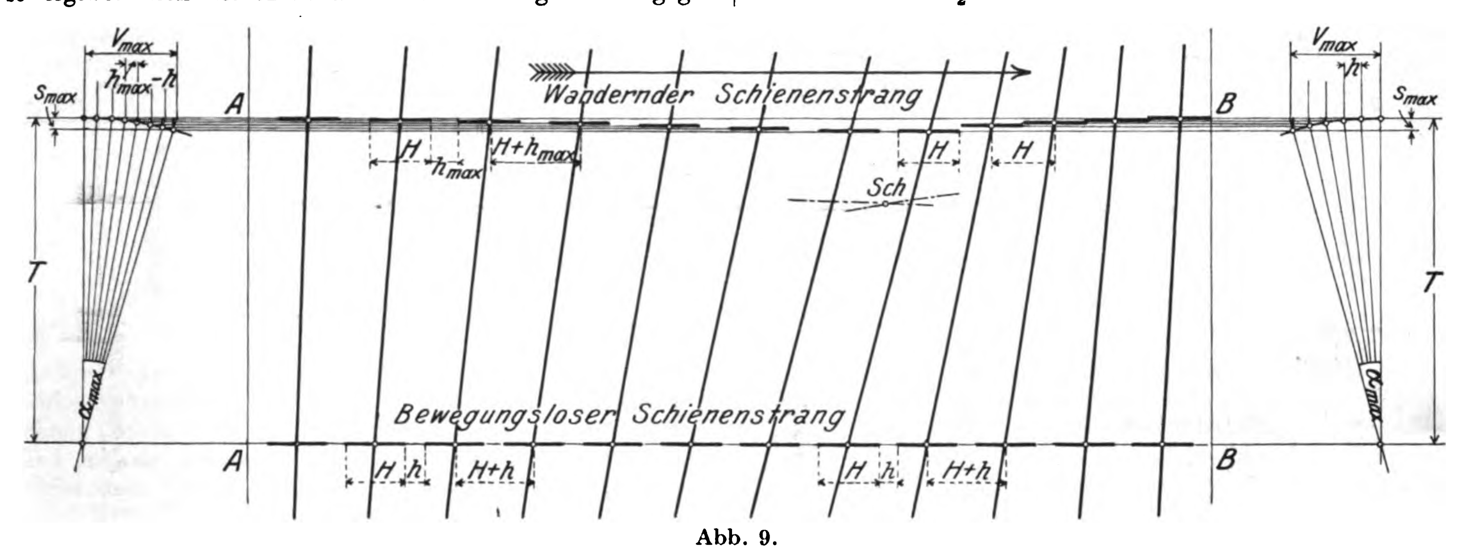


Abb. 9.

die Stoßlinien und damit — falls die Stoßschwellen dieselben Verdrehungen erleiden — der Spurverringerungen S an den Schienenstößen (Abb. 9).

Die Unterschiede zwischen den theoretischen und den tatsächlichen Werten von S entfallen auf Verbiegung und Abnutzung der Schienennägel (-schrauben) auf der Außenseite des Schienenfußes sowie auf die Spurberichtigungen.

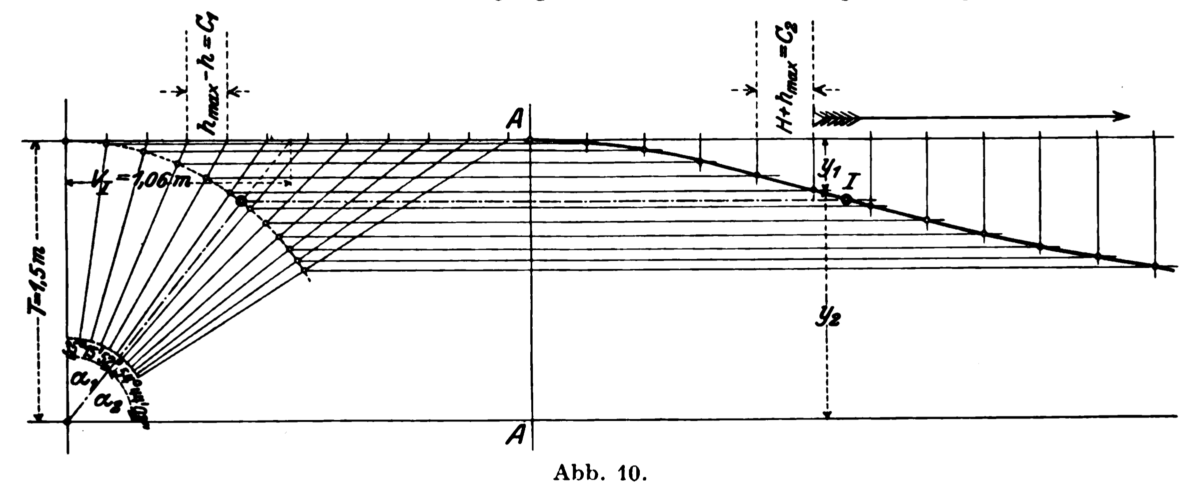


Abb. 10.

Überträgt man die Punktreihe des Bogenabschnittes in der Richtung der Gleisachse bis zu den betreffenden Schienen, so erhält man das theoretische Bild der Endlage. Der Einfachheit halber sind die Schienen durch gerade Striche dargestellt, folglich ist es nicht zum Ausdruck gelangt, daß sich die Spurverringerung bloß auf die Gegend der Schienenstöße erstreckt.

Dem gezogenen und dem gedrückten Teile entspricht je eine Kurve, deren Schnittpunkt Sch mit der Stelle des Überganges zusammenfällt. Für die Gleichung der in Rede stehenden Kurven, beispielsweise derjenigen des gezogenen Teiles, kann zur Bestimmung eines Punktes P

entweder $\left\{\begin{array}{l} x = \frac{c_2}{c_1} T \operatorname{tg} \alpha_1 \\ y_1 = T\,(1 - \cos \alpha_1) \end{array}\right.$ oder $\left\{\begin{array}{l} x = \frac{T}{\operatorname{tg} \alpha_2} \\ y_2 = T \sin \alpha_2 \end{array}\right.$

gewählt werden (Abb. 10 und 11).

Für unsere Zwecke genügt die Feststellung, daß die Kurve die Mittellinie des wandernden Schienenstranges bei A diejenige des anderen in der Unendlichkeit berührt und der reale Wendepunkt I den Winkeln:

$$\alpha_1 = 35^0\ 15'\ 52''$$
$$\alpha_2 = 54^0\ 44'\ 08''$$ entspricht.

(Die zweiten Differentialquotienten auf 0 gebracht ergeben nämlich für:

$$\sin^2 \alpha_1 = {}^1/_3 \text{ und für}$$
$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \sqrt{2}).$$

Da meines Wissens diese Kurve bis heute noch nirgends beschrieben wurde, möchte ich sie nach dem Anlaß ihrer ersten Beschreibung: „**Peregrinatrix**“ taufen.

Jeder wandernde Schienenstrangabschnitt hat also eine Peregrinatrix für den gezogenen und den gedrückten Teil. Selbstredend erleiden (im Gegensatz zu der vereinfachenden Voraussetzung) beide Schienenstränge eine Spurverringerung, auch wenn der eine tatsächlich nicht wandert. Da jedoch bei den meisten Schienenstößen die Spurverringerung unsymmetrisch zur Gleisachse eintritt, würden die auf je einen Schienenstrang allein bezogenen Einflüsse der Peregrinatrix unregelmäßig erscheinen. Es müssen also die Maße der beiderseitigen Spurverringerungen ihren absoluten Werten nach vereint als Ordinaten aufgetragen werden. Die Peregrinatrix-Äste sind in Wahrheit langgestreckte Bogen mit

sehr großen Bogenhalbmessern. Man denke nur an das Verhältnis von C_1 (Werte von einigen Millimetern) zu C_2 (Werte von mehreren tausend Millimetern).

Beispielsweise werde untersucht, wie weit der Wendepunkt I vom Anfange A entfernt liegt. Hierzu sei unter Umgehung analytischer Behandlung ein Verfahren angewendet, das den Zusammenhang zwischen C_1 und C_2 vielleicht besser zum Ausdruck bringt:

$$V_I = T \operatorname{tg} \alpha_1$$
$$V_I = 1{,}5 \times \operatorname{tg} 35^0\,15'\,52''$$
$$V_I = 1{,}06 \text{ m.}$$

wachsens der Spurverringerung eben bis zum Wendepunkt vergrößert, von hier hingegen sich verringert und zwar asymptotisch. Der Wendepunkt der Peregrinatrix bedeutet also auch für die Spurverringerung eine Umkehr.

Um von den Krümmungsverhältnissen der Peregrinatrix, wenn auch nur einen annähernden Begriff zu erlangen, werde in dieser Hinsicht der Anfangsteil der Kurve untersucht, der mit geringer Vernachlässigung als Kreisbogen behandelt werden kann. Wie groß wäre beispielsweise der Halbmesser des den Kurvenabschnitt ersetzenden Kreisbogens der 25. Schiene von A aus? (Abb. 12)

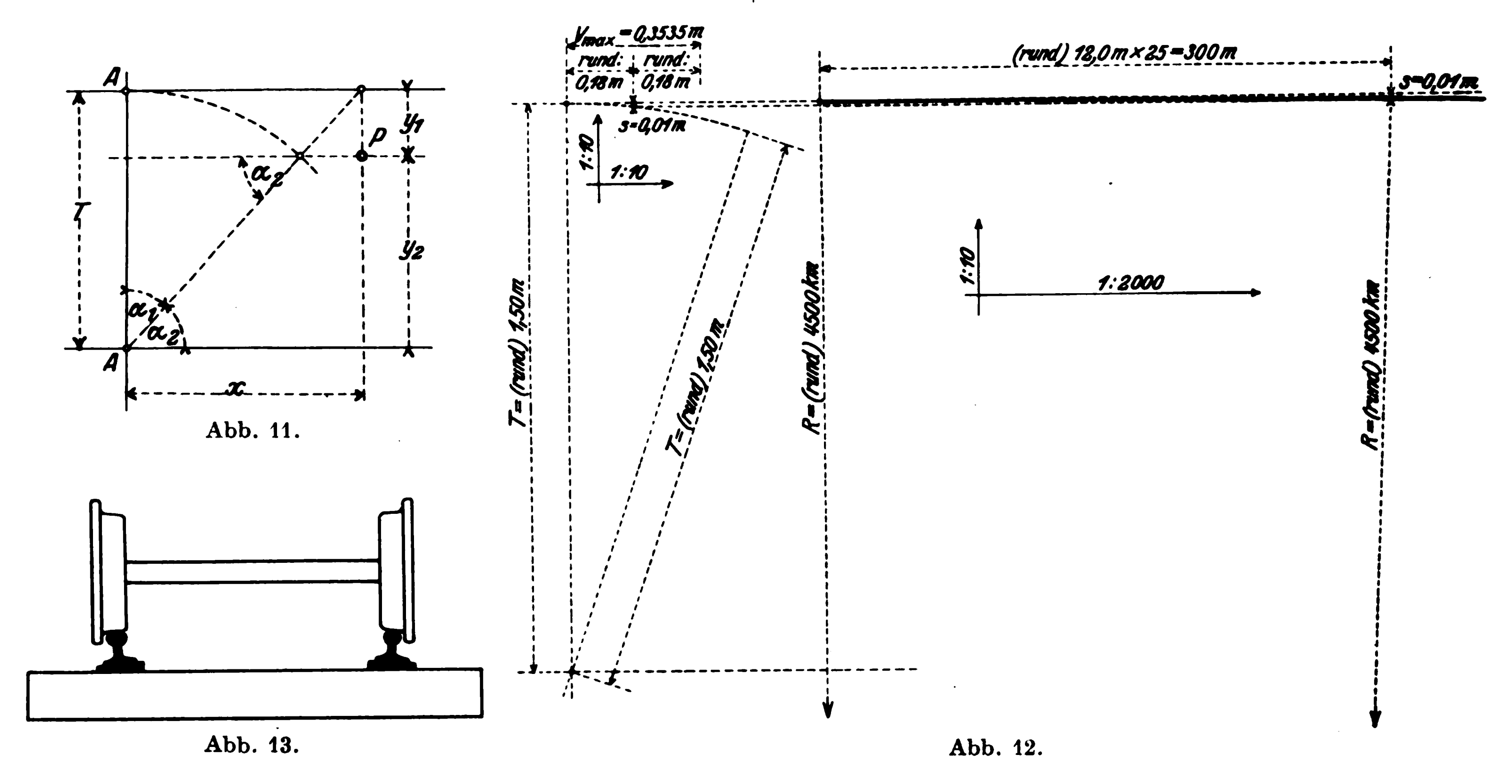


Abb. 11.

Abb. 13.

Abb. 12.

Setzt man einen häufigen Fall voraus, daß $h = 0{,}007$ m und $H = 12$ m betrage, so ist zu ersehen, daß der Wendepunkt von A aus bei der $\frac{1{,}06 \text{ m}}{h_{max} - h} = \frac{1060 \text{ mm}}{7 \text{ mm}} =$ $= 151$. Schiene, also in der Entfernung von $151 \times (12{,}00 \text{ m} + 0{,}014) = 1814$ m zu liegen kommt.

Die Ordinate des Wendepunktes ist von der Verhältniszahl $\frac{C_2}{C_1}$ unabhängig, also stets dieselbe:

$$\begin{cases} y_1 = T\,(1 - \cos \alpha_1) \\ y_2 = T \sin \alpha_2 \end{cases}$$

Ersetzt man die Werte von „α_1" und „α_2" durch $35^0\,15'\,52''$ bzw. durch $54^0\,44'\,08''$ so ergibt sich:

$$\left.\begin{aligned} y_1 &= 0{,}275265 \text{ m.} \\ y_2 &= 1{,}224735 \text{ m.} \end{aligned}\right\}(+)$$
$$\overline{y_1 + y_2 = T = 1{,}5 \text{ m}} \text{ (Abb. 10 und 11).}$$

Die Abszisse des Wendepunktes läßt erkennen, daß es bei der bisherigen Voraussetzung, wonach der behandelte Schienenwanderungsabschnitt bloß etwa 100 Schienenlängen zählen sollte, in den meisten Fällen nicht bis zu dem Wendepunkte der Peregrinatrix kommen kann.

Zur Begründung, warum der Wendepunkt so eingehend untersucht wurde, sei unter Verzicht auf langwierige mathematische Erörterungen kurzweg auf die Gestaltung der Peregrinatrix verwiesen (Abb. 10). Aus ihr ist ersichtlich, daß vom Berührungspunkt A, also vom Anfange des Schienenwanderungsabschnittes ausgehend, sich das Maß des An-

$$H = 12{,}000 \text{ m,}$$
$$n = 100,$$
$$h_{max} = 0{,}014 \text{ m,}$$
$$h = 0{,}007 \text{ m.}$$
$$\frac{V_{max}}{2} = \frac{0{,}3535}{2} = \text{rund } 0{,}18 \text{ m.}$$
$$\text{Spurverringerung: } \frac{0{,}18^2}{2\,T}$$
$$= \frac{0{,}03}{3{,}00} = 0{,}01 \text{ m.}$$
$$0{,}01 = \frac{300^2}{2\,R}$$
$$2\,R \times 0{,}01 = 90000 \text{ m.}$$
$$R = \frac{90000}{0{,}02} \text{ m} = 4500 \text{ km.}$$

Also ohne das Streben der Spurkränze nach Vergrößerung der Spurweite würde sich diese bei den Schienenstößen stufenweise annähernd einem Kreisbogen vom Halbmesser 4500 km entsprechend verkleinern.

Wie schon früher erwähnt, könnte die Verdrehung der Stoßschwellen und die Spurverringerung nur dann der Peregrinatrix gemäß zustande kommen, wenn die Spurkränze dem nicht hindernd entgegentreten würden. Spinnt man diesen Gedanken weiter, so erscheint es als selbstverständlich, daß der Betrieb mit Rädern, deren Spurkränze auf der Außenseite angeordnet sind, unmöglich wäre. In diesem Falle nämlich käme die beschriebene Spurverringerung tat-

sächlich zustande, wobei die Spurkränze noch fördernd wirken würden (Abb. 13).

Den bisherigen Darlegungen und zugehörigen Abbildungen ist schon zu entnehmen, daß bei Wegfall der längenbeschränkenden Voraussetzung in längeren Abschnitten von mehreren Kilometern der gezogene und der gedrückte Teil auch in der Endlage nicht in unmittelbarer Berührung sein können. Hauptsächlich sind es die Stoßschwellen, die als Verbindestangen die Verzerrung nur bis zu einem gewissen Höchstmaß zulassen und von hier an (auf Zug beansprucht) der weiteren Verschiebung Widerstand leisten. Doch spielen in dieser Hinsicht auch die den Stoßschwellen benachbarten Mittelschwellen eine Rolle. Wenn sie auch der Verdrehung weniger unterworfen sind, so arbeiten sie doch der über-

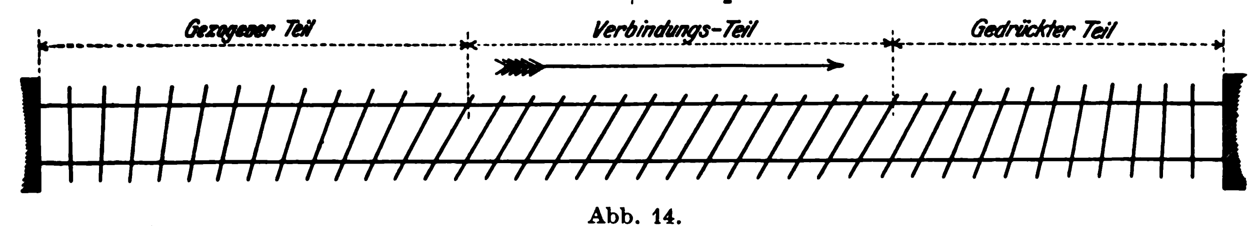


Abb. 14.

mäßigen Spurverringerung an den Schienenstößen als Bolzen wirkend ebenfalls entgegen. Die Verschiebung und die hierdurch entstandene Verzerrung wächst also dem gezogenen Teil entlang bis auf das jetzt besprochene Höchstmaß und bleibt dem **Verbindungsteil** entlang bis zum Beginn des gedrückten Teiles beständig (Abb. 14). Ohne Entstehung der beschriebenen Gleichgewichtslage würde die Verdrehung der

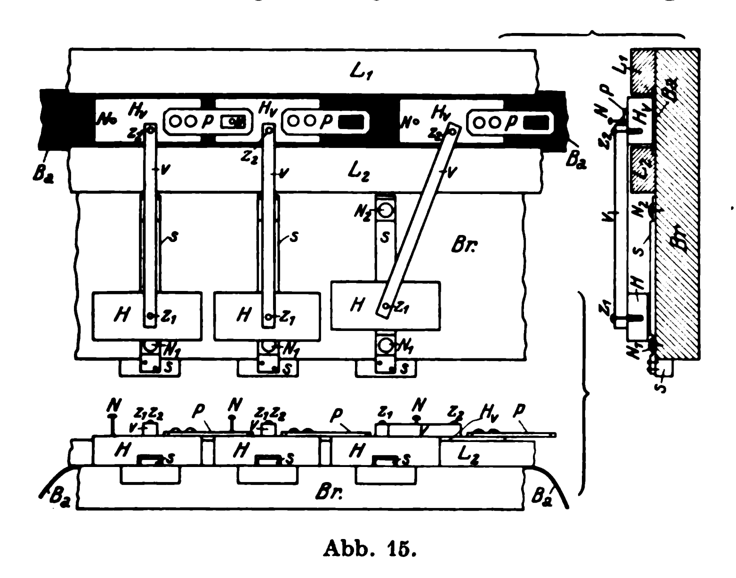


Abb. 15.

Stoßschwellen fast in das Grenzenlose anwachsen, wobei die Schienen durch wiederholtes Umsetzen schließlich bis auf die Schwellenenden zu liegen kommen müßten.

Um die hier theoretisch abgeleiteten Gesetzmäßigkeiten zu veranschaulichen, verfertigte ich ein hölzernes Gerät, das aus Abb. 15 ersichtlich ist. Es besteht aus einem Brett B_r, an dessen einer Längsseite zwei gleichlaufende Latten L_1 und L_2 befestigt sind. Am Boden der so angeordneten Bahn liegt ein schwarzes Band B_a, auf welchem weißlackierte, an der unteren Fläche mit Korundpapier beklebte ziegelförmige Hölzer H_v liegen. An einem Ende der Ziegel ist je ein durchlochtes Blechplättchen P befestigt. Am unteren Ende steht ein Eisennagel N, der in die Lochung des Plättchens vom benachbarten Ziegel kommt. (Spielraum der Laschenverbindung.) Zur Abgrenzung dienen zwei Würfel (A und B), die im Vergleich zum Abstand der Latten etwas breiter geschnitzt zur Keilform bearbeitet sind und zwischen die Latten eingezwängt werden, dabei jedoch mit ihren unteren Flächen das Band nicht erreichen. (Die beschriebene Ziegelreihe H_v entspricht dem abgegrenzten **wandernden** Schienenstrang, ein Ziegel, einer Schiene.) Im Gegensatze zu den vorgehenden Erörterungen vollführt der nicht wandernde Schienenstrang die sekundäre Bewegung, die zur Spurverringerung führt. Das ist die Ziegelreihe H, zu deren Leitung die Stäbchen S dienen, die vermöge der Nägel N_1 und N_2 in beliebigen Abständen angeordnet werden können. Die Stoßschwellen werden durch die Verbindungsstäbchen V verkörpert. Jedes von ihnen ruht mit den Enden auf je einem Ziegelpaar H_v — H und hält es mittels seiner in den als Zapfenlager dienenden Bohrungen versenkten Nägel Z_1 und Z_2 zusammen.

Um leichter verstanden zu werden, verfertigte ich von dem Gerät in seinen verschiedenen Verwendungen Lichtbilder (Abb. 16 bis 18), die sich paarweise auf je eine Anfangslage (Abb. a) und die entsprechende Endlage (Abb. b) beziehen, welch letztere stets durch Abziehen des Bandes in der Richtung von A nach B erscheint. Die im Zusammenhange mit dem Fugenmaße wechselnde, mit weißer Farbe hervorgehobene Stelle des Überganges ist wohl ersichtlich. Abb. 16 a, b entsprechen dem Fall $h = \frac{h_{max}}{h}$, der in der

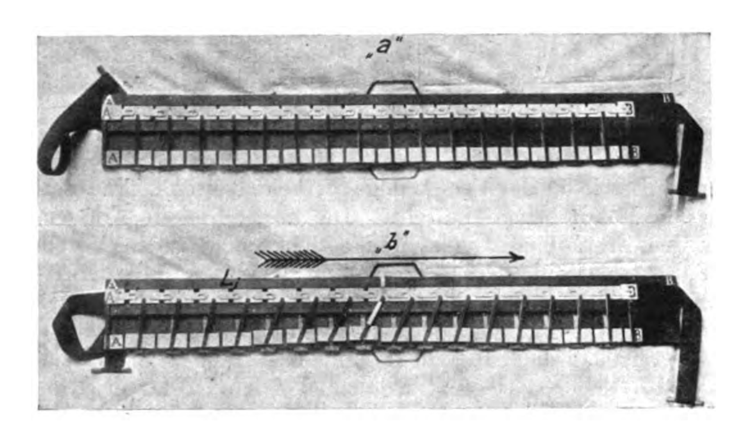


Abb. 16.

Mitte von AB das Höchstmaß der Verzerrung ermöglicht. Die Peregrinatrix verzeichnen die unteren Ziegelreihen der Abbildungen b. Zur Abänderung der Stoßfugen muß der Würfel B entsprechend verschoben werden; zugleich muß man die Leitungsstäbchen samt Ziegeln umordnen.

Die Ursache der Schienenwanderung ist meiner Ansicht am nächstliegenden in dem Umstande zu erblicken, daß beim Durchgang der Räder über den Schienenstoß sowohl die senkrechten wie die seitlichen federnden Verbiegungen des abgebenden Schienenendes durch die Laschenverbindung nicht restlos auf das folgende Schienenende übertragen werden. Dies hat zur Folge, daß der Radreifen im Moment des Überganges auf das Ende der folgenden Schiene in der Fahrrichtung einen Schlag ausübt, und wenn der Spurkranz an die Schiene anstreift, auch dieser. Ich hatte auf einer eingleisigen Strecke mit sehr bescheidenem Oberbau Gelegenheit festzustellen, daß die Schienen beim Durchgang eines einzigen

Zuges bis zu 30 mm vorwärts getrieben und vom nächsten Gegenzuge annähernd im selben Maße wieder zurückgehämmert wurden.

Die auf den Linien der Kön. Ung. Staatseisenbahnen gemachten Beobachtungen ergaben, daß auf geraden, wagrechten Gleisen mit nur einer Fahrrichtung beide Schienenstränge dieser entsprechend und zwar dermaßen wandern, daß der linke voreilt. Auf den in beiden Richtungen befahrenen Gleisen hingegen wandern die Schienenstränge zumeist entgegengesetzt. Letzteres geschieht in den geraden, wagrechten Streckenabschnitten mit ganz wenigen Ausnahmen derart, daß für den in der Gleisachse mit beliebiger Blickrichtung stehenden Beobachter der Schienenstrang linkerhand vorwärts, der rechterhand rückwärts wandert. Mit anderen Worten: Faßt man das Wandern beider Schienenstränge als Kräfte auf, so würden diese Drehmomente im Sinne des Uhrzeigers ergeben (Abb. 19). Das ungleiche Wandern kann sich nur daraus ergeben, daß die an der Schienenwanderung beteiligten, fördernden oder hemmenden Kräfte unsymmetrisch in bezug zur Gleisachse sind. Die Kräfte werden von den rollenden Zügen geliefert, bei denen die einzige bauliche

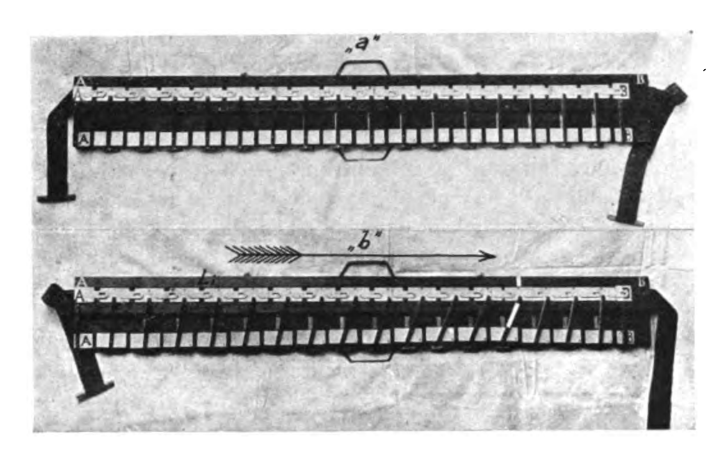


Abb. 17.

Unsymmetrie in der Versetzung der beiderseitigen Triebwerke an den Lokomotiven besteht. Die annehmbarste Erklärung für den Zusammenhang zwischen dem linksseitigen Voreilen der Schienen und der Ungleichseitigkeit der Lokomotiven gab meines Erachtens Ingenieur Max Spitz, der seine Theorie in der Fachgruppe der Bau- und Eisenbahningenieure des Österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins bereits im Jahre 1896 darlegte. Er erblickt den Grund des linksseitigen Voreilens in dem Umstande, daß an den meisten Lokomotiven die rechtseitigen Kurbeln den linksseitigen um 90° voreilen.

Die Theorie von Spitz ermöglichte es mir, die bereits besprochene Art des entgegengesetzten Wanderns auf unseren eingleisigen Bahnen zu erklären, und zwar wie folgt: Es sei die Gerade AB die Richtung einer Stoßlinie vor Beginn der Schienenwanderung. Verteilen wir nun die verkehrenden Züge in zwei Gruppen und zwar nach der Richtung von R nach G und von G nach R (Abb. 20).

Die $\overline{RG}$-Züge allein würden A nach A_1, B nach B_1 verschieben, wobei infolge des linksseitigen Voreilens: $\overline{AA_1} > \overline{BB_1}$ ist. Die Wirkung der GR-Züge hingegen wäre, daß B nach B_2 und A nach A_2 käme, wobei abermals durch linksseitiges Voreilen $\overline{BB_2} > \overline{AA_2}$ sein würde. $\overline{AA_1}$ und $\overline{BB_1}$ sind aber dem Sinne nach mit $\overline{AA_2}$ und $\overline{BB_2}$ entgegengesetzt, so daß als Maße der Schienenwanderung A Ⓐ und B Ⓑ übrig bleiben.

Der Einfachheit wegen wurde bei Abb. 20 vorausgesetzt, daß die Schienenstränge zwar in den Gegenrichtungen, aber um gleiche Beträge wandern, die Drehachse S also in die Gleisachse fällt. Im allgemeinen aber rückt sie — zwar im Gleis verbleibend — jenem Schienenstrang näher, dessen Wandern mäßiger ist.

Behandeln wir nun die im Oberbau, Unterbau und in den Verkehrsverhältnissen liegenden Umstände, also jene passiven Kräfte, die auf die Ungleichheit des Wanderns beider Schienenstränge fördernd oder hemmend Einfluß haben können.

Im ersten Falle wird die Unsymmetrie verschärft, im zweiten Falle vermindert, auch aufgehoben, ja möglicherweise ins Gegenteil verkehrt, so daß ein rechtsseitiges Voreilen der Schienenstränge sich einstellt, d. h. das Drehmoment der Drehrichtung des Uhrzeigers entgegengesetzt auftritt. In solchen Fällen wurde die unsymmetrische Wirkung der Lokomotiven von den Gegenwirkungen der Nebenumstände überdeckt. Unter solchen Nebenumständen sind zu verstehen:

1. Die Höhenlage beider Schienenstränge ist unrichtig, d. h. in geraden Streckenabschnitten liegen die Schienen-

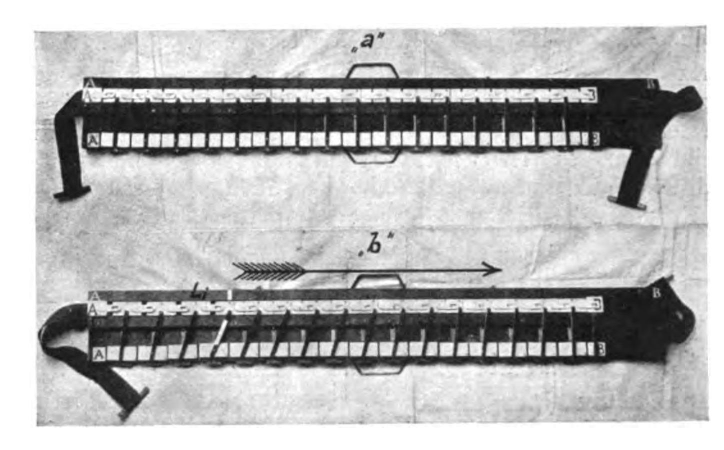


Abb. 18.

stränge nicht in gleicher Höhe, in Krümmungen ist die Überhöhung nicht richtig ausgeführt. In beiden Fällen ist der vergleichsweise zu tief liegende Schienenstrang stärker belastet und wird von den Spurkränzen stärker und öfter angelaufen, die Neigung zum Wandern ist daher größer als im anderen Strang. Wenn also längs eines größeren Streckenabschnittes mit nur einer Fahrrichtung der rechte Schienenstrang zu tief liegt, kann es leicht geschehen, daß das linksseitige Voreilen aufgehoben oder auch überholt wird: es kommt kein Voreilen zustande oder der rechte Schienenstrang wird zum Voreilen gezwungen.

Dies kann z. B. auf zweigleisigen Bahnen bei Rechtsfahrt vorkommen, wenn durch stärkere Setzung der äußeren Schwellenenden die rechten Schienenstränge tiefer liegen als die der Bahnmitte zugekehrten.

In Krümmungen ist die Sache ziemlich verwickelt. Jede Überhöhung, einem bestimmten Krümmungshalbmesser entsprechend wird nach einer gewissen idealen Fahrgeschwindigkeit bemessen. Für die Züge, die diese übertreffen, ist die Überhöhung zu klein. Dann wird also der äußere Schienenstrang mehr belastet als der innere. Entgegengesetzt ist die Wirkung der Züge, die langsamer fahren als es der ausgeführten Überhöhung entspricht. Das Wandern in einer Krümmung richtet sich also zumeist danach, ob der überwiegende Teil der Züge schneller oder langsamer verkehrt als es der Überhöhung entsprechen würde.

2. Es kann vorkommen, daß auf einer eingleisigen Bahn die belasteten Züge nur in einer Richtung verkehren, also

beide Schienenstränge dementsprechend gleich wandern, ähnlich wie auf Bahnen mit nur einer Fahrrichtung.

3. In starken Gefällen, wo die Lokomotiven der meisten Züge mit geschlossenem Regler verkehren, wandern beide Stränge gleich, da die Ungleichseitigkeit der aktiven Kräfte entfällt.

4. Auch auf Streckenabschnitten mit Anschluß an Stationen, wo die meisten Züge (im besonderen die Lastzüge) halten, also stark gebremst wird, fällt die Ungleichheit des Wanderns nicht auf, da beide Schienenstränge gleichwohl mitgenommen werden usw.

Im Anschluß an meine theoretischen Erörterungen möchte ich noch auf die Grundsätze hinweisen, die sich für die Anwendung der Geräte zur Hintanhaltung der Schienenwanderung (Wanderstützen) ergeben.

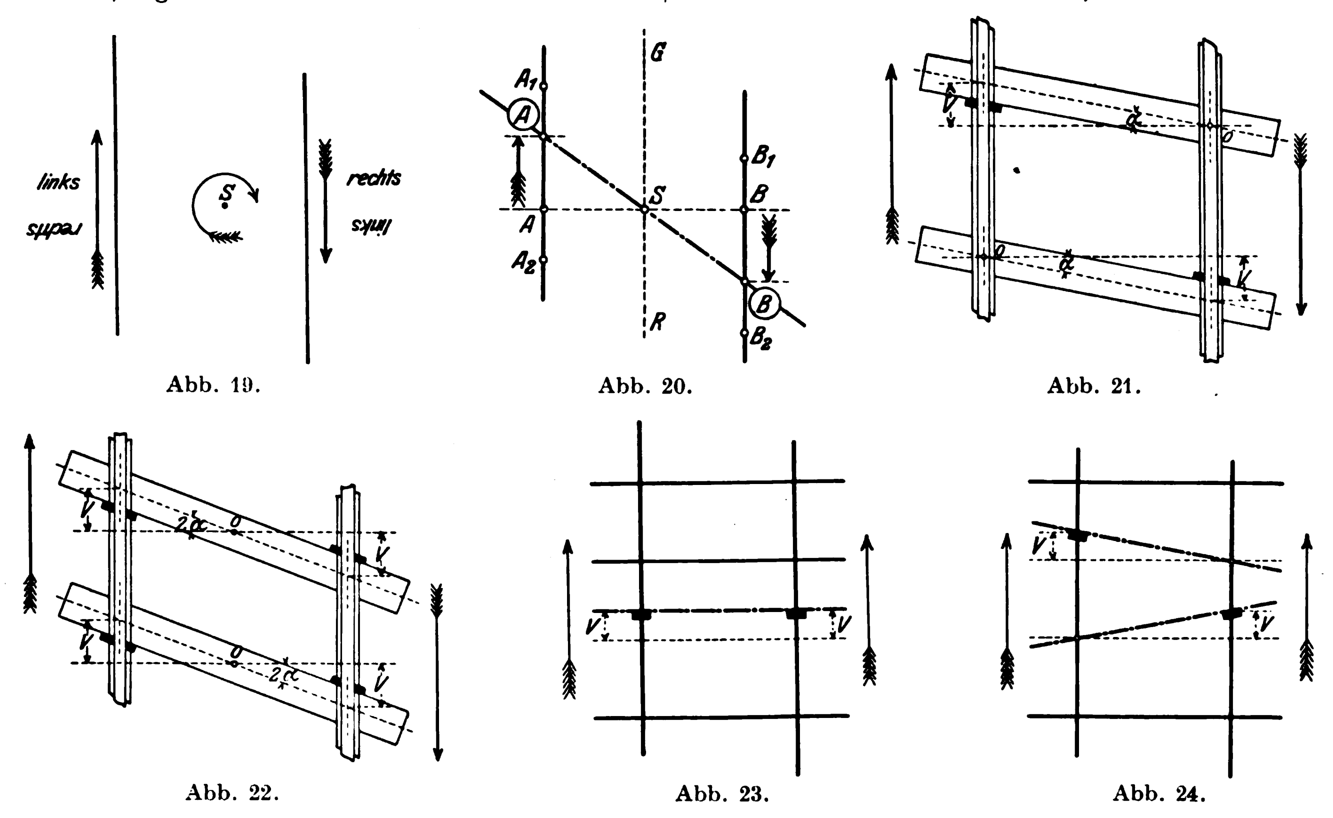


Abb. 19. Abb. 20. Abb. 21.

Abb. 22. Abb. 23. Abb. 24.

Die schädlichsten Wirkungen der Schienenwanderung (hauptsächlich wenn die Schienenstränge ungleich wandern) sind folgende:

1. Das Verdrehen der Stoßlinien, das einen schlängelnden, wankenden Gang der Fahrzeuge zur Folge hat.

2. Die Verdrehung der Stoßschwellen, die einerseits die Verringerung der Spurweite bei den Schienenstößen, anderseits (falls die Mittelschwellen verbleiben) die Vergrößerung oder Verkleinerung der Schwellenabstände an den Stößen ergibt, welcher Umstand einesteils Schienenbrüche verursachen kann, andernteils das Unterstopfen erschwert.

3. Das Verschwinden der Stoßfugen im gedrückten Teil, das die durch die Schienenwanderung erzeugte größte Gefahr in sich birgt, nämlich die Möglichkeit des Verwerfens der Schienenstränge.

4. Die Schienenwanderung kann so gewaltsam sein, daß die Schienen nach Eintritt der Endlage noch weiter verschoben werden. Dies ergibt schon Zerstörungen, da im gezogenen Teil die weiteren Verschiebungen nur durch Einnagen der Laschenschraubenbolzen in die Ränder der Lochungen usw. möglich sind. Hierdurch werden die Stoßfugen also gewaltsam fortgesetzt erweitert, wobei das schon erreichte Höchstmaß überschritten wird. Im gedrückten Teil vollzieht sich dies in weit geringerem Maße, da durch das Anschließen der Schienenenden der weiteren Zerstörung baldigst Einhalt geboten wird.

Zur Hintanhaltnng oder Mäßigung der Schienenwanderung dienen die Wanderstützen, deren Wirkung fast ausnahmslos darin besteht, daß die Kraft der Schienenwanderung durch Umfassen des Schienenfußes auf die Schwellen übertragen wird. Für die zweckmäßige Verwendung der Wanderstützen schlage ich folgendes vor:

I. Auf zweigleisigen Bahnen:

1. Mit Rücksicht auf das zu gewärtigende Voreilen der linken Schienen sind auf diesen schon von vornherein mehr Wanderstützen anzubringen als am rechten Strang.

2. Falls die Stoßschwellen infolge des linksseitigen Voreilens bereits stark verdreht sind, sollen die Wanderstützen von dem rechten Schienenstrang — wenn auch nur vorübergehend — auf den linken versetzt werden. Dies hat zweifellos zur Folge, daß die rechtseitigen Schienen den linken mit der Zeit nachkommen und hierdurch die Stoßschwellen in ihre Regellage zurückverdrehen.

II. Auf eingleisigen Bahnen:

1. Wenn die Richtung der Schienenwanderung noch ungeklärt ist, erscheint es zweckmäßig, die Wanderstützen anfangs nach der Regel der Drehmomente (Abb. 21) einzulegen. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, daß Wanderstützen an ein und derselben Schwelle nie beiderseits zugleich verwendet werden sollen. Dies hätte nämlich bei gleichem Maße der Verschiebung das Verdoppeln des Verdrehungswinkels zur Folge (Abb. 21 und 22). Selbstredend bezieht sich diese Regel nicht auf das Wandern beider Schienenstränge in derselben Richtung. In diesem Falle ist es gerade nötig, zwei Wanderstützen an derselben Schwelle anzubringen, da hierdurch die Verdrehung vermindert, beim beiderseitigen gleichen Wandern sogar aufgehoben wird (Abb. 23), wohingegen das einseitige Hintanhalten des Wanderns die Verdrehung geradezu erzeugen würde (Abb. 24).

2. Ohne eingehende Erwägungen sollen Wanderstützen auf Kosten anderer Streckenabschnitte nie in größerer Anzahl

nur aus dem einzigen Grund an gewissen Stellen angehäuft werden, weil dort die Stoßschwellen stark verdreht sind. Mit Hartnäckigkeit erhält sich nämlich die Auffassung, daß die Schienenwanderung dort beträchtlich sein müsse, wo die Stoßlinien und damit auch die Stoßschwellen stark verzerrt sind. Dies ist ganz irrtümlich! Die Schienenwanderung ist doch eine vorschreitende Bewegung, die also nach dem in der Zeiteinheit zurückgelegten Wege, also nach ihrer **Geschwindigkeit** nicht aber nach dem Wege allein zu beurteilen ist. Anderseits wird auch bei einem gleichlaufenden und dabei gleichmäßigen Wandern beider Schienenstränge, falls nur auch die Mittelschwellen die Verschiebung mitmachen, überhaupt keine Verzerrung sichtbar werden.

Zum Schluß sei noch über eine von mir vorgeschlagene Gruppierung der Wanderstützen berichtet, die auf einigen Linien der Kön. Ung. Staatseisenbahnen mit dem besten Erfolg angewendet wird. Anstatt nämlich die Wanderstützen nach Abb. 25 gleichmäßig zu verteilen, werden sie in einzelnen Schienenfeldern zusammengezogen, wobei die Zwischenfelder ohne Wanderstützen bleiben (Abb. 26). Hierdurch wird der ursprüngliche Schienenwanderungsabschnitt in zahlreiche kleine Abschnitte zerstückelt, längs deren die schädlichen Wirkungen der Schienenwanderung im selben Maße verkleinert

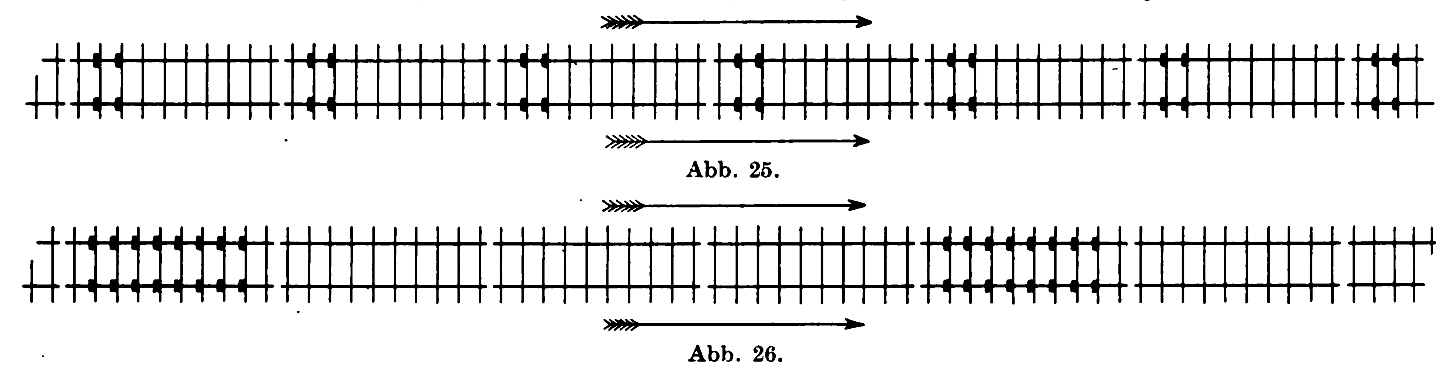


Abb. 25.

Abb. 26.

werden. Dieses Verfahren beruht auf der Voraussetzung, daß die Stöße, die den ohne Stützen verbliebenen Schienen erteilt werden, nicht unvermindert auf die befestigten Stellen übertragen werden. Diese neue Anordnung kann besonders in jenen Fällen Berechtigung haben, wenn die Anzahl der zur Verfügung stehenden Wanderstützen im vornhinein ungenügend erscheint, also nur eine Mäßigung, nicht aber die restlose Verhinderung der Schienenwanderung zu erhoffen ist.

Berichte.

Lokomotiven und Wagen.

Neue Abdampf-Strahlpumpe von Davies und Metcalfe.

Die neue Abdampf-Strahlpumpe, die von der Herstellerfirma als Type H bezeichnet wird, stellt insofern gegenüber der bisherigen Bauart*) eine wesentliche Verbesserung dar, als der größte Teil ihrer zahlreichen Ventile selbsttätig arbeitet und so die Bedienung viel einfacher geworden ist. Zum Ingangsetzen der Pumpe, deren allgemeine Anordnung an der Lokomotive aus der Textabbildung auf Seite 159 ersichtlich ist, genügt es, wenn ein einziges Frischdampfventil geöffnet wird. Außerdem muß noch die gewünschte Wassermenge, die gespeist werden soll, eingestellt werden. Hiernach arbeitet die Strahlpumpe völlig selbsttätig, und zwar mit Abdampf, solange die Lokomotive unter Dampf läuft, und mit Frischdampf, wenn der Regler geschlossen ist. Auch der Übergang vom Abdampf zum Frischdampf und umgekehrt soll sich selbsttätig vollziehen, ohne dass die Pumpe aussetzt.

In der allgemeinen Anordnung der Düsen entspricht die neue Abdampf-Strahlpumpe im wesentlichen der früher beschriebenen Bauart. Der Abdampf tritt durch eine Abdampfdüse ein, trifft dann mit dem Speisewasser zusammen, verdichtet sich und dringt mit dem Speisewasser zusammen durch zwei Saugrohre in die Mischdüse. Am Eingang der Mischdüse wird ein zweiter Abdampfstrahl zugeleitet, der einen Energiezuwachs bringt und damit die Geschwindigkeit vergrößert. In der Ausgangsdüse wird schließlich die Geschwindigkeit in Druck umgesetzt und das Wasser tritt in die Speiseleitung ein. Damit die Strahlpumpe beim Anstellen rasch anspricht, ist die Mischdüse als Klappe ausgebildet. Diese Klappe ist zunächst offen, so daß die Dampf-Wassermischung so lange in die Schlabberleitung abläuft, bis eine genügende Luftverdünnung vorhanden ist, worauf sich dann die Klappe selbsttätig zur Düse zusammenschließt. Andererseits öffnet sie sich wieder, sobald aus irgend einem Grund die Luftverdünnung nachläßt. Bei ausschließlicher Verwendung von Abdampf und einer Wasserwärme von 15 bis 16°C soll die Pumpe folgende Leistungen aufweisen:

*) Organ 1923, S. 104 und 1926, S. 363.

Überdruck des Abdampfes	Speisedruck
0,07	10,5 at
0,21	11,6 „
0,35	12,7 „
0,70	14,8 „
1,05	16,9 „

Die selbsttätige Regelung der Abdampf-Strahlpumpe umfaßt ein dampfgesteuertes Ventil für die Zufuhr des Abdampfes, ein weiteres dampfgesteuertes Ventil für den Zufluß des Speisewassers vom Tender her und schließlich noch ein Regelventil für den Frischdampf.

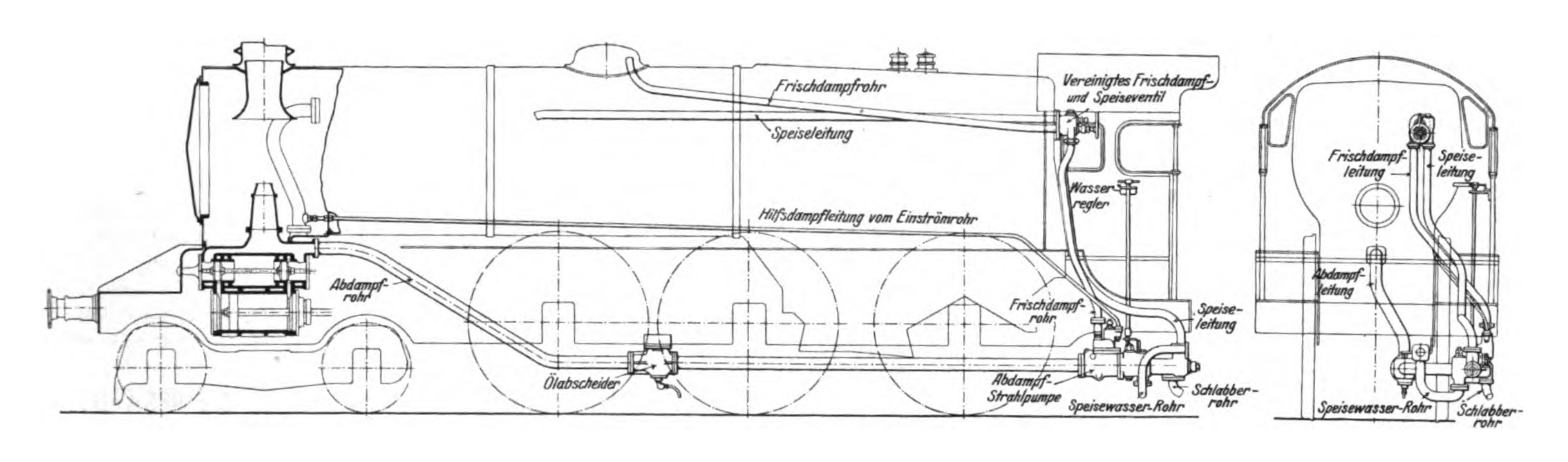
Sobald das anfangs erwähnte Frischdampfventil geöffnet ist, sind alle anderen Ventile arbeitsbereit. Das Abdampfventil besteht, wie die Abbildungen zeigen, aus zwei Klappen, einer äußeren, die an einem Winkelhebel sitzt und vermittels eines dampfgesteuerten Kolbens offen gehalten wird, solange der Regler der Lokomotive geöffnet ist, d. h. solange die Strahlpumpe mit Abdampf arbeiten kann und einer inneren, frei beweglichen. Wird der Regler geschlossen, so wird der Dampfkolben entlastet und die Klappe schließt sich unter dem Druck einer darauf sitzenden Feder. Zugleich schließt der von innen eintretende Frischdampf dann die innere Klappe, die vorher unter dem Druck des durchströmenden Abdampfes geöffnet war.

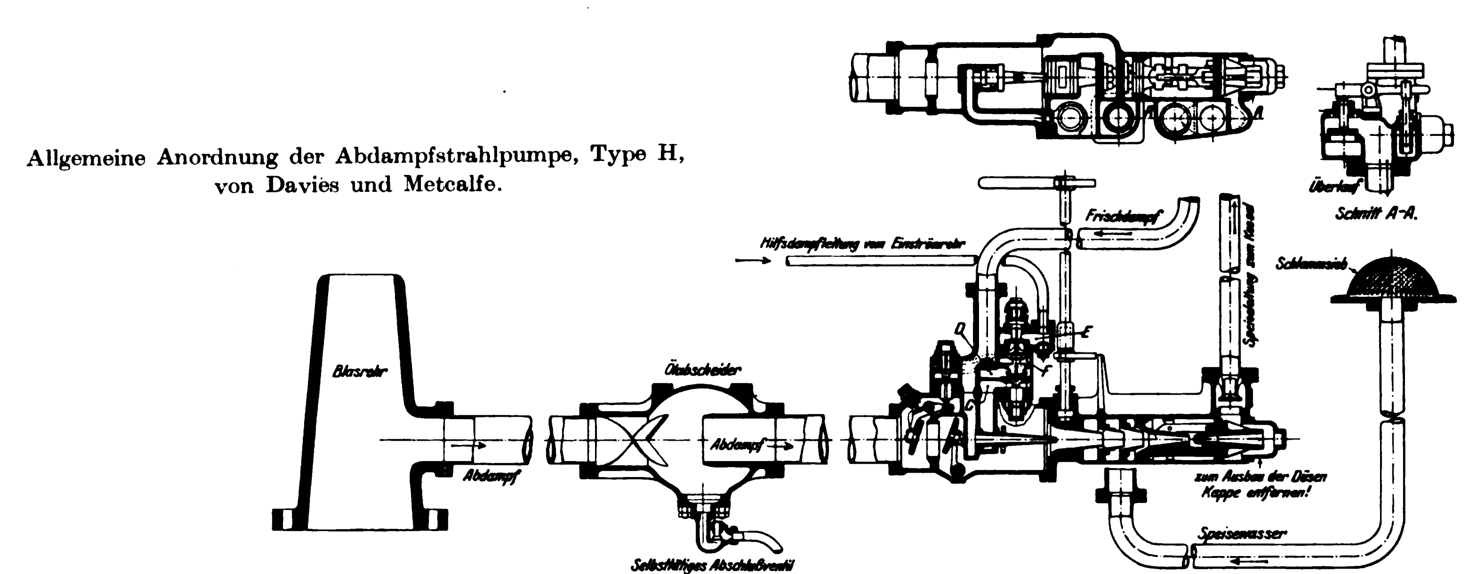
Die Umstellung der Strahlpumpe von Abdampf auf Frischdampf wird über eine besondere Hilfsdampfleitung bewirkt, welche die Kammern E unmittelbar mit einem der Einströmrohre verbindet. Das Regelventil für die Frischdampfzufuhr ist zweisitzig ausgeführt und enthält noch einen Steuerkolben, welcher den Abfluß des Frischdampfes aus der Kammer D zum Steuerventil der Abdampfventilklappe regelt. Die Kammer D selbst ist über das schon mehrfach erwähnte Hauptventil stets mit Frischdampf gefüllt, solange die Strahlpumpe angestellt ist. Wenn der Regler offen ist, bleibt das obere Ventil unter dem Druck



des durch die Hilfsdampfleitung vom Einströmrohr her nach E eintretenden Dampfes geschlossen und die Verbindung zwischen der Frischdampfkammer D und dem zur Strahlpumpe führenden Kanal C ist unterbrochen; dagegen ist in diesem Fall die Kammer D über den Kanal F mit der Dampfleitung verbunden, welche zu dem Steuerkolben der Abdampfventilklappe führt, um diese offen zu halten. Sobald der Regler geschlossen ist und damit das obere Ventil entlastet wird, hebt sich das untere Ventil unter dem Dampfdruck der Kammer D an und gibt dem Frischdampf den Weg von dieser über den Kanal C zur Strahlpumpe frei.

In ähnlicher Weise wird das Ventil der Speisewasserleitung geregelt. Es öffnet sich von selbst, sobald die Strahlpumpe arbeitet und enthebt so den Heizer von der besonderen Bedienung. An verschiedenen Stellen sind in die Strahlpumpe Siebe eingebaut,





Allgemeine Anordnung der Abdampfstrahlpumpe, Type H, von Davies und Metcalfe.

um Verunreinigungen zu vermeiden: in der Abdampfleitung sitzt ein Ölabscheider. Bemerkenswert ist noch die Regelung der angesaugten Wassermenge. Da diese Wassermenge durch den Querschnitt bestimmt wird, der zwischen Abdampf- und Saugdüse zum Durchtreten des Wassers zur Verfügung steht, so wird im vorliegenden Fall einfach mittels eines exzentrischen Zapfens die Abdampfdüse mehr oder weniger weit in die Saugdüse hineingeschoben und damit der erwähnte Querschnitt verändert. Die angesaugte Wassermenge soll sich auf diese Weise bis zur Hälfte der Größtmenge verringern lassen.

Wie bei den bisherigen Abdampf-Strahlpumpen wird auch bei der neuen Ausführung eine geringe Menge Frischdampf, ungefähr 2 ½ % der geförderten Wassermenge, durch eine besondere Hilfsdüse zugeführt, weil der Druck des zur Verfügung stehenden Abdampfes in der Regel zum Speisen gegen hohe Drücke nicht völlig genügt. R. D.

(The Railw. Eng. 1928, Oktober.)

Neue Speisewasserpumpe und Vorwärmer Bauart Worthington.

Auf den englischen Eisenbahnen ist seit zwei Jahren ein Vorwärmer mit liegender Speisewasserpumpe, Bauart Worthington, erfolgreich erprobt worden. Die Vorzüge, die für diese Bauart hauptsächlich geltend gemacht werden, sind die hohe Speisewassertemperatur und die bessere Gewichtsverteilung durch die Trennung des Vorwärmers und der Pumpe, wobei im Falle eines Abbaues zur Ausbesserung auch geringere Gewichte bewegt werden müssen.

Die allgemeine Anordnung zeigt Abb. 1, die Wirkungsweise ist in Abb. 2 bildlich dargestellt. Die Speisewasserpumpe mit Dampf-, Kalt- und Warmwasserteil ist am vorderen Ende der Lokomotive wagrecht in der Höhe des Umlaufes befestigt, während der Vorwärmer oben am Kessel sitzt. Die wagrecht liegende Pumpe wurde hauptsächlich für solche Fälle geschaffen, in denen die Platzverhältnisse und die Umgrenzungslinie die senkrechte Bauart nicht anwenden lassen. Die Anordnung ist bezüglich der Sichtverhältnisse günstiger als wenn Vorwärmer und Pumpe an der Rauchkammer liegen.

Der Kolben B der Kaltwasserpumpe zieht, vom Dampfkolben A getrieben, das Wasser aus dem Tender und fördert es durch einen Windkessel O hindurch mittels des Sprühventils C in die Kammer D, in die auch der Abdampf durch das Rohr P nach dem Durchgang durch einen Ölfänger L und ein Rückschlagventil K eintritt. Durch die Vermischung mit dem zerstäubten Kaltwasser wird der Abdampf niedergeschlagen. Das Gemisch läuft durch das Rohr R der Warmwasserpumpe zu, die es über das Speiseventil M in den Kessel drückt. Während der Fahrt unter Dampf bildet sich meist ein Überschuß an Heißwasser. Dieser

Teil des Wassers wird durch die Strahlpumpe S in eine Hilfskammer T gefördert, von wo er durch das Rohr U auf die Saugseite der Kaltwasserpumpe B gelangt. Der Abdampf des Zylinders wird zusammen mit dem der sonstigen Hilfseinrichtungen der Lokomotive der Kammer D zugeleitet und nur ein kleiner Teil zum Betrieb der Strahlpumpe S abgezweigt. Das Rückschlagventil K besitzt großen Durchgang und gestattet durch seine sind aus Schiffsbronze. Die Zylinderausblasehähne werden gemeinsam vom Führerstand aus bedient. Der Vorwärmer enthält keine bewegten Teile und ist gegen Kesselsteinablagerungen bei schlechtem Speisewasser wenig empfindlich und erspart das Erhitzen von 15% der Speisewassermenge. Er wird in vier Größen von 3 bis 21 m³ Leistung in der Stunde ausgeführt. Bttgr.

(Railw. Eng., Juli 1928.)

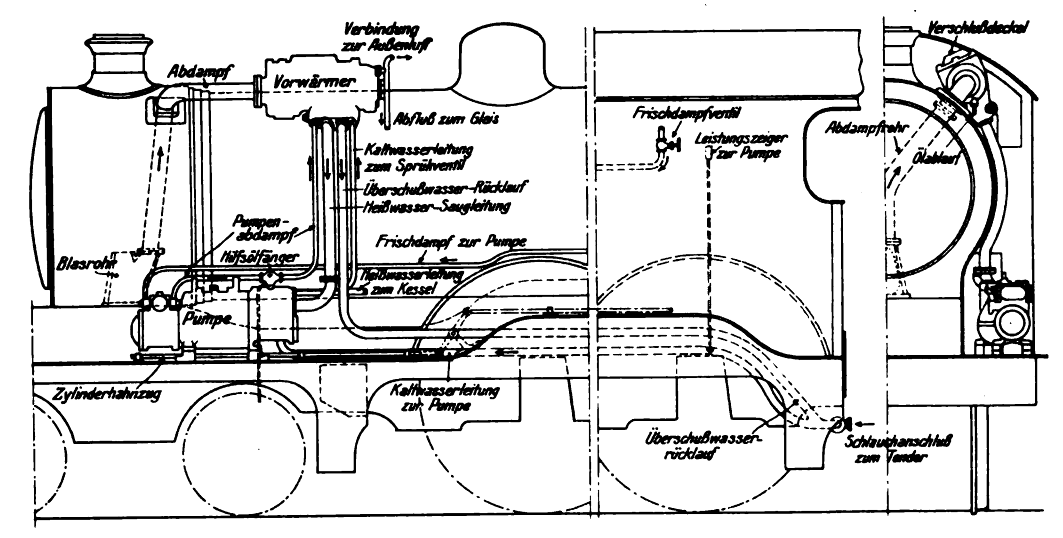


Abb. 1. Allgemeine Anordnung der Speisewasserpumpe mit Vorwärmer Bauart Worthington.

besondere, patentierte Bauart, in D einen Druck von solcher Höhe zu halten, daß oft Temperaturen über 110° erreicht werden. Der Hilfskammer wird durch das Ventil Q etwas kaltes Wasser zugeführt, um Dampfverluste zu vermeiden und das dem Kaltwasserzylinder zufließende Heißwasser etwas zu kühlen. Eine Öffnung von geringem Querschnitt verbindet die Kammer D mit

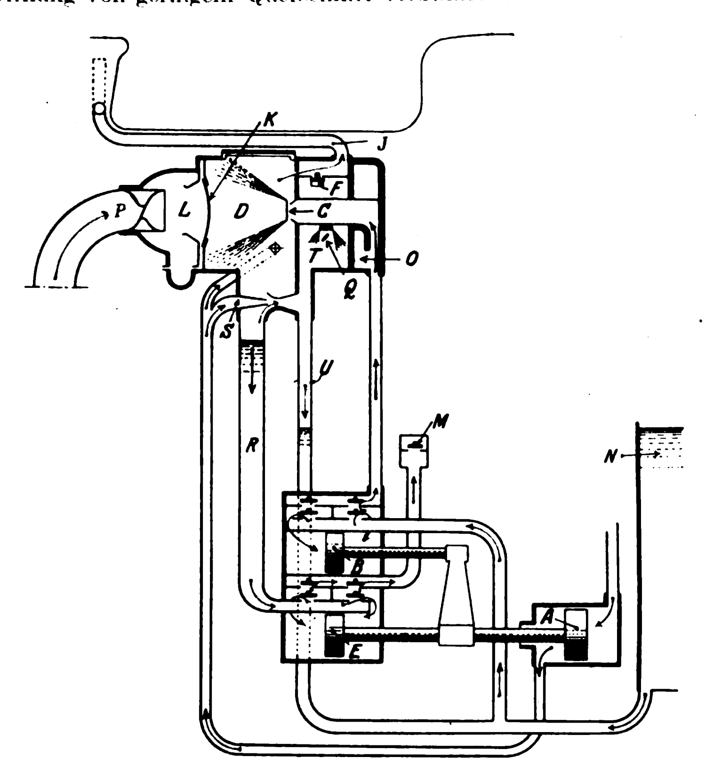


Abb. 2. Wirkungsweise der Speisewasserpumpe.

dem Ausströmrohr J zum Kamin, wobei etwa mitgerissenes Wasser dadurch am Austritt nach J verhindert wird, daß es durch das Ventil F abfließen kann.

Die Speisewasserpumpe besitzt einen Dampfkolben, der die gleichachsig gekuppelten Kalt- und Warmwasserkolben der Kalt- und Warmwasserpumpe antreibt. Die Kolbenringe und die Kolbenstangen bestehen aus nichtrostendem Stahl, die Ventile

Dieselmotortriebwagen für Schmalspur in der Schweiz.

Auf der Appenzellerbahn sind vor kurzem zwei Dieselmotortriebwagen in Dienst gestellt worden. Es sind dies die ersten schmalspurigen Dieselfahrzeuge, die in der Schweiz in Betrieb kommen. Die Wagen gleichen in ihrem äußeren Aufbau dem elektrischen Triebwagen der Schweizer Bundesbahnen. Bei einer Länge von 16,5 m über Puffer ist ihr Inneres unterteilt in Personenabteile zweiter und dritter Klasse für etwa 40 Personen, in einen Motorraum, einen Gepäckraum von etwa 5,5 m² Fläche und zwei für sich abgeschlossene Führerstände. Der Wagenkasten ruht auf zwei Drehgestellen mit 10,75 m Drehzapfenabstand. Auf dem vorderen Drehgestell ist der Dieselmotor mit dem unmittelbar gekuppelten Gleichstromgenerator aufgestellt, während die beiden Elektromotoren für den Betrieb der Achsen im hinteren Gestell untergebracht sind. Der Wagen hat ein Gewicht von 31 t, was im Hinblick auf die große Motorleistung sehr bemerkenswert ist. Der Wagen ist von der Firma Gebr. Sulzer geliefert worden, die den wagenbaulichen Teil der Schweizerischen Industriegesellschaft in Neuhausen und die elektrische Ausrüstung der Maschinenfabrik Oerlikon in Auftrag gab.

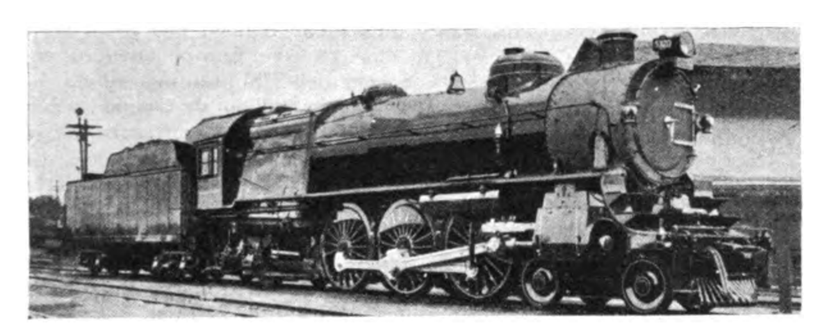
Der Dieselmotor, der 250 PS leistet, ist für den vorliegenden Verwendungszweck besonders kräftig, aber doch leicht gebaut. Von besonderem Interesse ist, daß er elektrisch angelassen wird. Es arbeitet dabei der mit dem Dieselmotor gekuppelte Generator als Elektromotor, wozu ihm Strom aus einer mitgeführten kräftigen Eisen-Nickel-Akkumulatorenbatterie zugeführt wird. Die Wagen sind mit Westinghousebremse versehen und haben außerdem die sogenannte Totmanneinrichtung. Der Triebwagen ist für eine Geschwindigkeit von 45 km/Std. berechnet und kann zwei bis drei Anhängewagen mitführen, so daß er bergwärts bis zu 150 Personen befördern kann. M.

2 C 1-h 2 Personenzuglokomotive der Baltimore und Ohio Bahn mit Caprotti-Steuerung.

Nachdem erst vor kurzer Zeit in England die erste Lokomotive mit Caprotti-Steuerung in Dienst gestellt worden ist*), hat nun auch in den Vereinigten Staaten die Baltimore und Ohio Bahn in ihren Werkstätten in Mt. Clare eine 2 C 1-Lokomotive mit dieser Steuerung gebaut. Die Steuerung weist an sich gegenüber den bisherigen Ausführungen keine Besonderheiten auf; sie liegt, wie neuerdings üblich, innerhalb des Rahmens und wird von der mittleren Kuppelachse — der Treibachse — angetrieben. Beim Bau dieser Lokomotive, die den Namen „President Cleveland"

*) Organ 1928, S. 117.

trägt, hat die Bahn übrigens versucht, die den englischen Lokomotiven eigene glatte Bauform auf amerikanische Verhältnisse zu übertragen. Die verschiedenen Rohrleitungen sind zu diesem Zweck teils unter die Kesselbekleidung, teils unter das Laufblech verlegt worden; Luftpumpen und Luftbehälter liegen zwischen den



2 C 1-h 2 Lokomotive der Baltimore und Ohio Bahn mit Caprotti-Steuerung.

Rahmen. Auch Schornstein und Umlaufblech lassen deutlich das englische Vorbild erkennen. Schließlich besitzt die Lokomotive noch — vielleicht zum erstenmal im amerikanischen Lokomotivbau — nicht die in Amerika sonst übliche kleine Rauchkammertür, sondern eine solche nach europäischem Muster. Die Textabbildung zeigt, inwieweit der erwähnte Versuch, das Aussehen der Lokomotive zu verbessern, gelungen ist.

Die Lokomotive, die eine Wasserrohrfeuerbüchse mit zwei Dampfsammeln besitzt, hat bei Versuchsfahrten Leistungen bis zu 2330 PS_i entwickelt; der Kohlenverbrauch soll dabei 1,09 kg für 1 PS am Zughaken, der Dampfverbrauch 9,0 kg betragen haben. Die Zugkraft wird zu 22700 kg angegeben. Die Hauptabmessungen der Lokomotive sind im folgenden zusammengestellt:

Kesselüberdruck	16,2	at
Zylinderdurchmesser	686	mm
Kolbenhub	711	„
Kesselmitte über Schienenoberkante	3048	„
Rohrlänge	7106	„
Heizfläche der Feuerbüchse	42,0	m²
„ „ Rohre	385,0	„
„ des Überhitzers	110,0	„
„ — im ganzen — H	537,0	„
Rostfläche R	6,5	„
Durchmesser der Treibräder	2032	mm
Fester Achsstand	4267	„
Ganzer Achsstand der Lokomotive	11303	„
Reibungsgewicht G_1	91,0	t
Dienstgewicht der Lokomotive G	148,0	t
„ des Tenders	108,0	t
Vorrat an Wasser	45,5	m³
„ „ Brennstoff	16,0	t
H : R	83	
H : G	3,6	m²/t
H : G_1	5,9	„

(Railw. Age 1928, 2. Halbj., Nr. 9.)

R. D.

Betrieb in technischer Beziehung; Signalwesen.

Ein neuartiger Signalscheinwerfer für elektrisch beleuchtete Signale.

Als man dazu überging Haupt- und Vorsignale mit elektrischer Beleuchtung zu versehen, hat man zunächst die Formen der Signallaternen und ihrer Scheinwerferblenden beibehalten, die sich aus der Petroleumbeleuchtung heraus entwickelt haben. Zu einem großen Teil ist das auch begründet, weil die alten Signale und die bisherigen Laternengehäuse beibehalten werden mußten. Nur die vollständig neu entwickelten elektrischen Signale (Tageslichtsignale usw.) weisen neuartige aus der neuen Beleuchtungsform entwickelte Konstruktionen auf. Mit den überkommenen Signalen und den Laternengehäusen wird auch noch auf lange Zeit gerechnet werden müssen. Andererseits gibt es aber auch genügend Gründe, die eine Verbesserung der Wirkung und Eindruckfähigkeit dieser Signale erwünscht erscheinen lassen.

Die Eigenschaften der Petroleumlampe haben nun zwangläufig dazu geführt, daß ein großer und man kann wohl sagen, der wirksamste Teil des Scheinwerfers, den man hinter der Lichtquelle anordnete, um eine möglichst günstige Fernwirkung zu erzielen, weggeschnitten werden muß. Die Lampe mit ihrem Glaszylinder wurde durch diesen Ausschnitt durchgesteckt, um die Luftzufuhr und das Abziehen der Verbrennungsgase zu ermöglichen, und man erzielte auf diesem Wege gleichzeitig auch die als Rücklicht bezeichnete Wirkung der Signallampe nach rückwärts, die erforderlich ist, einmal um in bestimmten Fällen das Brennen der Lampe vom Stellwerk aus überwachen zu können, zum anderen aber auch, um die Stellung des Signalflügels auch in der Dunkelheit von allen Seiten aus erkenntlich zu machen. Die Notwendigkeiten, die die Art der Lampe bedingt, sind bei der elektrischen Beleuchtung nicht vorhanden, und es wird daher zu prüfen sein, ob nicht die wiederum durch die besprochenen Notwendigkeiten bedingten Beschränkungen der Wirkungen bei elektrischer Beleuchtung ausgeschaltet werden können. Das Ziel muß sein, mit elektrischer Beleuchtung auch bei vorhandenen Signaleinrichtungen die Forderungen zu erfüllen, die man an ein Lichtsignal nach dem heutigen Stand der Technik stellen kann. Diese Forderungen sind offenbar einmal eine möglichst gute Wirkung des Signals und zwar sowohl aus der Ferne als auch aus der Nähe und ferner ein genügend wirksames Rücklicht. Wenn auch bei elektrischer Beleuchtung die Überwachung des Brennens der Lampen auf andere Weise erfolgen kann, etwa durch in den Stromkreis eingeschaltete Überwachungslampen im Stellwerk, aus diesem Grunde also das Rücklicht nicht erforderlich wäre, so kann doch nicht gut darauf verzichtet werden, weil die Bediensteten im Bahnhof, Rangierer, Aufsichtsbeamte usw. auch bei Nacht von allen Seiten her den jeweiligen Stand des Signalflügels erkennen können müssen und weiter auch selbst auf der Strecke diese Kennzeichnung erwünscht ist. Die Verwendung von Scheinwerferblenden anderer Formen, etwa mit flachhyperbolischem Querschnitt haben zwar eine bessere Fernwirkung ergeben, fallen aber dafür in der Nähe selbst gegenüber den

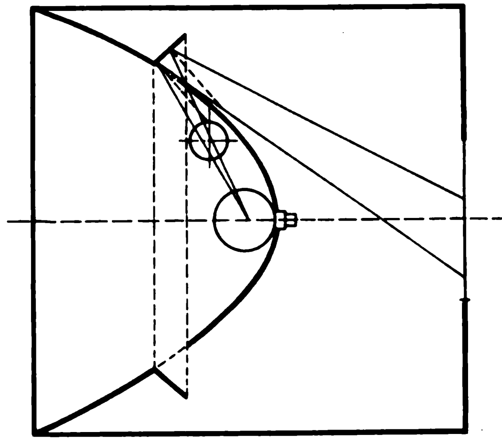


Abb. 1. Die Rücklichtstrahlen.

Petroleumlampen ab. Der Kernpunkt der ungenügenden Lichtwirkung und der Punkt an dem die Verbesserung anzusetzen hat, liegt meines Erachtens darin, daß man mit dem Ausschnitt in der Scheinwerferblende zum Durchstecken der senkrecht angeordneten Glühlampe, die wirksamsten Teile des Scheinwerfers wegschneidet und so im wesentlichen nur das direkte Licht der Lampe ausnutzt. Wie wirksam elektrisch beleuchtete Scheinwerfer sein können, die die Rückstrahlflächen so weit wie möglich nutzbar machen, zeigen die neuzeitlichen Scheinwerfer der Kraftwagen. Hier werden mit geringen Lichtstärken Wirkungen erzielt, die die der Eisenbahnsignale bei weitem übertreffen.

Die Gedankengänge zur Verbesserung der elektrisch beleuchteten Signale mußten sich also in der Richtung bewegen, eine ähnliche Anordnung wie beim Kraftwagenscheinwerfer zugrunde zu legen und dabei doch ein ausreichendes Rücklicht zu erzielen. Die Lösung*) ist schematisch in Abb. 1 dargestellt. Die Rückstrahlfläche des Scheinwerfers ist bis auf die geringe zum Durchstecken der Fassung der kleinen elektrischen Birne erforderlichen Kreisfläche erhalten und wird zum Zurückwerfen

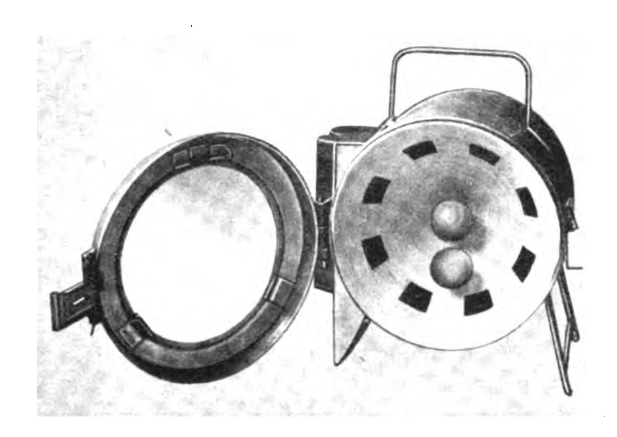


Abb. 2. Ansicht der eingebauten Blende.

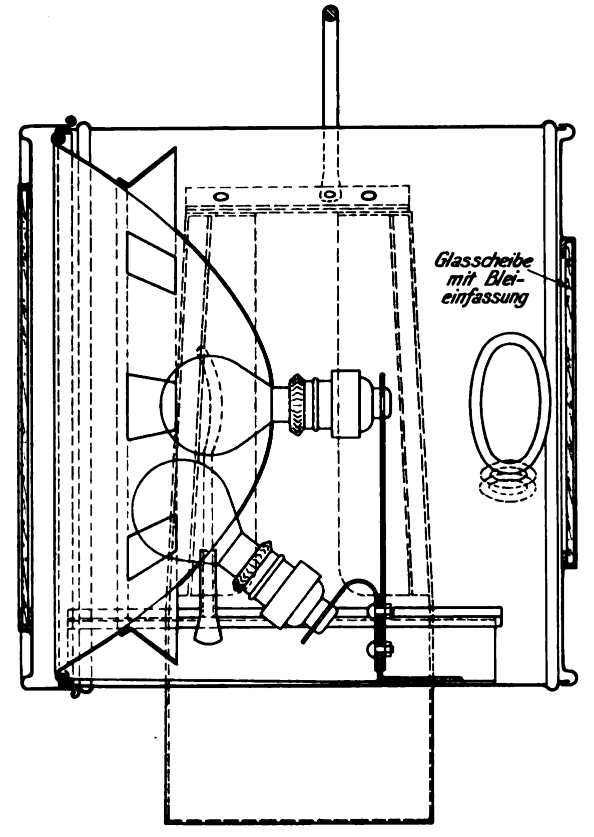


Abb. 3. Die Anordnung der Blende und der Lampen.

der Lichtstrahlen ausgenützt. Durch am Rande des parabolisch oder auch hyperbolisch gekrümmten Scheinwerfers angeordnete Ausschnitte mit zurückgebogenen spiegelnden Flächen wird ein Teil der Lichtstrahlen auf die Rücklichtfläche geleitet. Die Ausschnitte sind an den Rand und damit in eine Zone verlegt, die für die Scheinwerferwirkung nach vorne am leichtesten entbehrt werden kann. Das zeigt die Wirkung des Scheinwerfers, der die Wirkung, wie sie bei den bisherigen elektrisch und mit Petroleumlampen beleuchteten Signale erzielt wird, weit übersteigt. Die Zahl und Größe der Ausschnitte kann den Bedürfnissen, die jeweils an das Rücklicht zu stellen sind, angepaßt werden. Statt der einzelnen zurückgebogenen Flächen kann auch auf der Außenseite des Scheinwerfers ein geschlossener Ring in entsprechender Neigung aufgebracht werden. Will man eine besonders große Rücklichtfläche beleuchten, so kann man diesem Ring verschiedene Neigung in seinen einzelnen Zonen geben und dadurch die Lichtstrahlen an jeden beliebigen Punkt der Rücklichtblende bringen.

*) Gesetzlich geschützt.

Wenn erwünscht, ist es auch möglich noch vor dem wirksamen Teil des Scheinwerfers eine zweite Lampe anzuordnen, um auf diesem Wege bei Versagen der Hauptlampe sofort die Betriebssicherheit des Signals wieder herstellen zu können. Von besonderer Bedeutung ist, daß die Glühfäden der Hauptbirne genau im Brennpunkt des Scheinwerfers angeordnet werden können, wodurch eine genaue Anpassung der Wirkung an die theoretische Forderung erzielt wird. Durch Wahl der Form der Parabel oder auch der Hyperbel hat man es in der Hand den Scheinwerfer genau seinem jeweiligen Zweck anzupassen und je nach Wunsch in erster Linie auf Fernwirkung, Nahwirkung oder aber auch auf Verbindung beider hinzuwirken. Abb. 2 zeigt den Scheinwerfer in ein übliches Lampengehäuse eingesetzt mit Haupt- und Ersatzbirne, Abb. 3 zeigt die konstruktive Ausbildung der neuen Signallampe.

Dr. Ing. Derikartz, Koblenz.

Lokomotivlangläufe in Amerika.

Die Vereinigung amerikanischer Eisenbahningenieure hatte einen Fragebogen über Lokomotivlangläufe verschickt. Das Ergebnis der Rundfrage wird nun bekannt gemacht. Danach schwankt die Länge der planmäßigen Lokomotivläufe im Personenzugdienst von etwa 600 bis 1400 km. Der längste Lauf von etwa 1400 km wird von ölgefeuerten Lokomotiven gemacht. Im Güterzugdienst sind Lokomotivläufe von etwa 450 km sehr häufig. Der längste Lauf im Güterzugdienst ist mit etwa 1100 km auf der Strecke St. Louis — St. Francisco eingerichtet. Auf dieser Fahrt lösen sich sechs Mannschaften ab und vier verschiedene Kohlensorten kommen zur Verwendung. Die Monatsleistungen der in Langläufen verwendeten Lokomotiven sind auf den einzelnen Strecken sehr verschieden und erreichen in mehreren Fällen 20000 km im Personenzugdienst und 9000 km im Güterzugdienst. Hinsichtlich der Ersparnisse, die durch Langläufe erzielt werden sollen, brachte die Rundfrage nur wenig bestimmte Ergebnisse. Der schlechte Zustand des Feuers gegen Ende des Laufes ließ in einem Falle überhaupt keine Brennstoffersparnis erkennen. Die Southern Pacific Bahn berichtet, daß seit Einführung der Langläufe auf der Strecke Los Angeles — El Paso die Ausbesserungskosten von 0,25 M/km auf 0,21 M/km zurückgegangen sind und daß die Ersparnisse an Maschinenhauskosten etwa 33000 ℳ monatlich betragen.

Die Fragen nach der Unterhaltung der Langlauflokomotiven wurden dahin beantwortet, daß die Lokomotiven mit Hilfe guter Werkstatteinrichtungen im besten Zustand gehalten werden müssen. Genaue monatliche Untersuchungen werden für unerläßlich gehalten. Besonderer Wert ist auf genaue Berichtsführung durch die Lokomotivmannschaften zu legen.

Die Missouri-Pacificbahn hat eingehende Untersuchungen über die Vorteile von Lokomotivlangläufen angestellt. Sie berechnet eine Gesamtersparnis von 3,5 Millionen Mark jährlich seit Einführung von Langläufen, insbesondere für Güterzüge. Während im Jahre 1926 der längste Lauf 285 km und der kürzeste Lauf 124 km im Güterzugdienst betrug, mißt heute der längste Lauf 750 km und der kürzeste Lauf 290 km. Im Güterzugdienst konnten 44 Lokomotiven, im Personenzugdienst 23 Lokomotiven eingespart werden.

Die Wirkung ausgedehnter Lokomotivläufe zeigte sich in der Verringerung des Brennstoffverbrauches, der Maschinenhauskosten und des Kapitaldienstes für die Lokomotiven. Der Kohlenverbrauch im Jahre 1927 war gegenüber 1925 um rund 200000 t geringer. Fünf Betriebswerkstätten konnten geschlossen werden. Für das erste Halbjahr 1928 waren die Maschinenhauskosten um etwa 950000 ℳ geringer als für das erste Halbjahr 1925. Zu diesen bestimmt errechneten Ersparnissen treten noch mittelbare Ersparnisse durch Verringerung der Unterhaltungskosten und der Verwaltungskosten für die aufgelassenen Werkstätten.

Eb.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.

29

t 10

Mai

GEN

NCHEN

8. 178.
lichkeit der

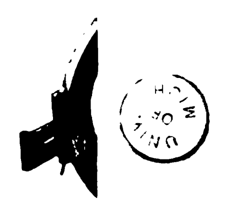
Eisenbahn.

elmaschine.

l.

kg,
uten,
urde

Die Geda
leuchteten Sigr
eine ähnliche A
grunde zu legen
erzielen. Die
Die Rückstrahl
zum Durchstec
erforderlichen l



Abb

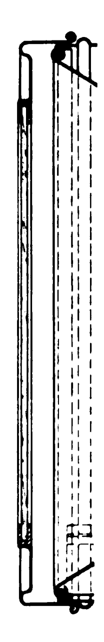


Abb. 3. l

der Lichtstrahl
oder auch hyp
Ausschnitte mi
Teil der Lichts
schnitte sind a
für die Scheinw
werden kann.
Wirkung, wie s
lampen beleuc
Zahl und Größe
an das Rückli

*) Gesetzl

Für die Sch

1929 — 84. Jahrgang

Heft 10 — 15. Mai

ORGAN

FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN

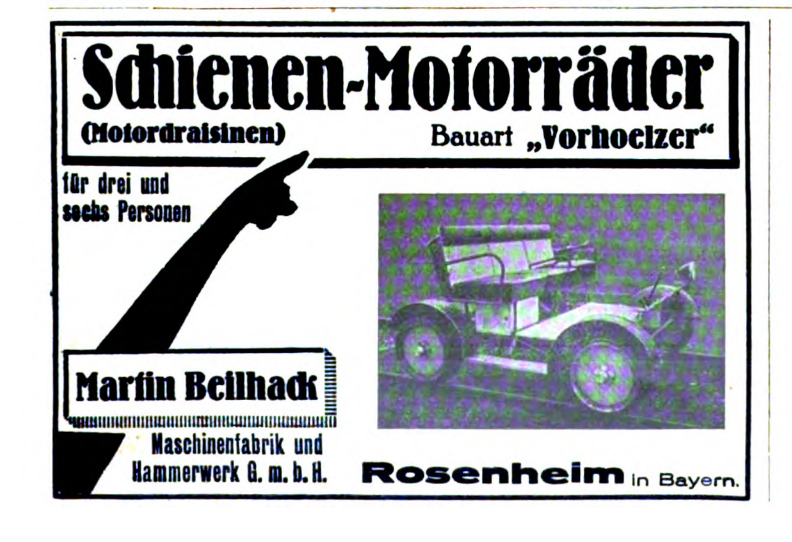
HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.




Schienenlager
Hattingia Kg u. Ke
D. R. G. M.
D. R. P. a.
zur Befestigung von Schienen aller Profile auf Beton und Mauerwerk
Tangential-Gleitkipplager oder elastische Lagerung für alle Lasten!!
geeignet
Spezialstahlguss!!
Ausführliche Angebote durch:
Ver. Flanschenfabriken und Stanzwerke A.-G., Hattingen-Ruhr
Tangential-Kipplager
Kg
Elastische Lagerung
Wanderschutz
Ke




Schienen-Motorräder
(Motordraisinen)
Bauart „Vorhoelzer"
für drei und sechs Personen
Martin Beilhack
Maschinenfabrik und Hammerwerk G. m. b. H.
Rosenheim in Bayern.


SCHEIDT & BACHMANN
EISENBAHNSIGNAL-BAUANSTALT
EISENGIESSEREI
SB
GEGRÜNDET 1872
RHEYDT
BEZ. DÜSSELDORF

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens
Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen
Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden
84. Jahrgang 15. Mai 1929 Heft 10

Widerstand einer dreiachsigen Lokomotive in Gleisbögen mit und ohne Spurerweiterung bei genauer Berücksichtigung der Spurkranzreibung.

Von Dipl.-Ing. **Paul Becker**, München.

Allgemeines. — Der Lauf einer C-Lokomotive mit festen Achsen durch eine Gleiskrümmung a) bei ausgehängten Kuppelstangen, b) bei eingehängten Kuppelstangen. — Die seitenverschiebliche Anordnung der Mittelachse am gleichen Fahrzeug und sein Verhalten in der Gleiskrümmung a) bei ausgehängten Kuppelstangen, b) bei eingehängten Kuppelstangen. — Schlußfolgerungen.

Vorbemerkung.

Herr Professor Jahn in Danzig hat kürzlich eine Berechnung der Spurkranzreibung einer C-Lokomotive in Bögen mit und ohne Spurerweiterung veröffentlicht, wobei er von gewissen Annahmen ausging. In der nachfolgenden Arbeit ist sie nach der genauen mathematischen Theorie Bäselers durchgeführt. Es zeigt sich, daß der Vorteil der Spurverengung im allgemeinen nicht so groß ist, als die Rechnung von Professor Jahn erwarten läßt. Der Hauptunterschied der beiden Rechnungsverfahren liegt darin, daß Professor Jahn mit Einpunktberührung gerechnet hat, während in der nachfolgenden Arbeit mit der häufiger vorkommenden Zweipunktberührung gerechnet ist.

I. Allgemeines.

In der Eisenbahntechnik hat man von jeher dem Bogenlauf eines Fahrzeugs ein besonderes Interesse gewidmet. An Versuchen, die hierbei auftretenden Kräfte und die Einstellung rechnerisch zu erfassen, hat es nicht gefehlt, bewirken doch mehr oder minder große Richtkräfte in den Spurkranzdruckpunkten und die Größe des Anlaufwinkels eine gesteigerte Abnutzung von Radreifen und Schiene, während die Stellung des Fahrzeugs die Bewegungswiderstände beeinflußt.

Die Frage der Einstellung wurde von Uebelacker*) und Heumann**) einwandfrei klargestellt, nach den am führenden Spurkranz auftretenden Kräften blieb sie noch offen. Für sie hat Bäseler in seinem Aufsatz „Die Spurkranzreibung"***) den Weg gezeigt, einen genauen Einblick in das Kräftespiel zu bekommen. Von ihm wurde das Problem des zweiachsigen Wagens gelöst. Hieran anknüpfend sollen im folgenden die Verhältnisse für mehr als zwei in einem starren Rahmen gelagerte Achsen mittels der Gleichgewichtsbedingungen untersucht werden und zwar sowohl für den Fall, daß sämtliche Achsen gegenüber dem Hauptrahmen unverschieblich wie auch für den, daß einzelne verschieblich sind. Wegen der dabei in Betracht kommenden kinematischen Einzelheiten sei auf die Arbeit Bäselers verwiesen.

Das Auftreten von Zug- und Bremskräften wollen wir hierbei ausschalten und annehmen, daß sich das Fahrzeug mit einer unveränderlich angenommenen Bahngeschwindigkeit durch die Kurve bewegt und zwar unter Anlehnung an die von Bäseler benutzten Bezeichnungen und Zahlen mit $v = 3{,}14159$ m/s $= 11{,}3$ km/h. Je nach Wahl des Rollhalbmessers r ergibt sich dann bei Vernachlässigung der Höhenverlagerung c der Rollachse gegenüber r die Winkelgeschwindigkeit der Rollbewegung um eine wagerechte Y-Achse zu $u_y = \frac{d\psi}{dt} = \frac{v}{r} = \frac{3{,}14159}{r}$. Für die Wendebewegung des Radsatzes kommt eine Winkelgeschwindigkeit $u_z = \frac{d\varphi}{dt}$ um eine lotrechte Z-Achse in Frage, nämlich $u_z = u_y \frac{r}{R}$, R ist darin der Krümmungshalbmesser. Die Gleitgeschwindigkeit v_G eines Stützpunktes in der Entfernung p vom Reibungsmittelpunkt errechnet sich dann aus $v_G = \text{Gleitweg} \cdot u_z$. Nähere Einzelheiten über diese Festsetzungen enthält der Bäselersche Aufsatz „Die Spurkranzreibung". Als Maßeinheiten sind im folgenden m, s und kg benutzt. Ferner werde die Fliehkraft durch die Schienenüberhöhung als ausgeglichen angenommen, und es sollen die Kräfte, die durch die Kegelform der Radreifen hervorgerufen werden, zur Vereinfachung der Rechnung unberücksichtigt bleiben; die Radreifen sind also für die Betrachtung zylindrisch. Aus gleichem Grunde sind auch die vermehrten Widerstände in den Achslagern außer acht gelassen, die durch die Übertragung radialer sowie axialer, zusätzlicher Kräfte bewirkt werden. Der Reibungsbeiwert wurde mit $f = 1/4$ als unveränderlich gewählt, was nach den Versuchen von Buchli*) als zulässiger Mittelwert gelten kann. Bezüglich der benutzten Vorzeichen sei die Festsetzung getroffen, daß die X-Achse in die Fahrtrichtung, die Y-Achse in die Querrichtung und die Z-Achse in die Lotrechte und zwar in Radsatzmitte fällt. Die Lage der X- und Y-Achse ist jeweils so gewählt, daß die Momentengleichungen in den analytischen Gleichgewichtsbedingungen besonders einfach werden; ihre Lage ist aus der betreffenden Momentengleichung zu erkennen. Die drei Achsen sollen für die angenommene Fahrt durch eine Rechtskurve ein Linkssystem miteinander bilden. Das Drehmoment gilt im Uhrzeigersinn als positiv, wenn der Blick gegen den Achspfeil gerichtet ist. Für die führenden Achsen wird Zweipunktberührung der anlaufenden Räder angenommen, wie es neuen Radreifen und Schienen entspricht. In der Bezeichnung der vorkommenden rechnerischen Grössen werde an den von Bäseler bereits eingeführten festgehalten.

Bei Beurteilung von Einzelfällen werden die so ermittelten Rechnungswerte immerhin als Anhalt herangezogen werden können und dürften als Näherungswerte auch brauchbar sein.

II. Der Lauf einer C-Lokomotive mit festen Achsen durch eine Gleiskrümmung.

a) Bei ausgehängten Kuppelstangen.

Durchläuft ein in Abb. 1 dargestelltes Fahrzeug mit drei in einem starren Rahmen fest gelagerten Achsen einen Gleisbogen, so bestehen hinsichtlich der Führung die beiden Möglichkeiten, daß diese von der Außen- und Innenschiene oder nur von der Außenschiene ausgeübt wird. Wir wollen diese Möglichkeiten durch die beiden Begriffe „Doppelführung" und „Einfache Führung" voneinander unterscheiden. Die

*) Organ 1903, Beilage.
**) Organ 1913, Seite 104.
***) Organ 1927, Seite 333.

*) Schweizerische Bauzeitung 1923 II, Seite 119.

einfache Führung tritt ein, wenn das Spiel zwischen Spurkranz und Schiene so groß ist, daß am Innenstrang die Richtkraft Null wird. Rechnerisch betrachtet stellt sie also einen Grenzfall dar, der bei Vergrößerung der Spur einmal eintritt. In den späteren zahlenmäßigen Untersuchungen wollen wir

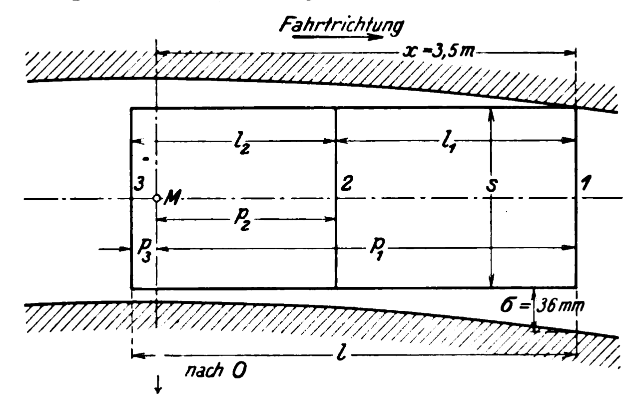


Abb. 1. Statische Krümmungseinstellung eines steifachsigen Fahrzeugs in 300 m-Krümmung mit Spurerweiterung.

für sie die auftretenden Kräfte ermitteln. Die Bedingungen für Gleichgewicht wollen wir indessen so angeben, daß sie auch die Ermittelung der Kräfte in dem Fall ermöglichen, wo die Lage des Reibungsmittelpunktes*) geometrisch bestimmt ist, das Fahrzeug sich also im Spießgang befindet.

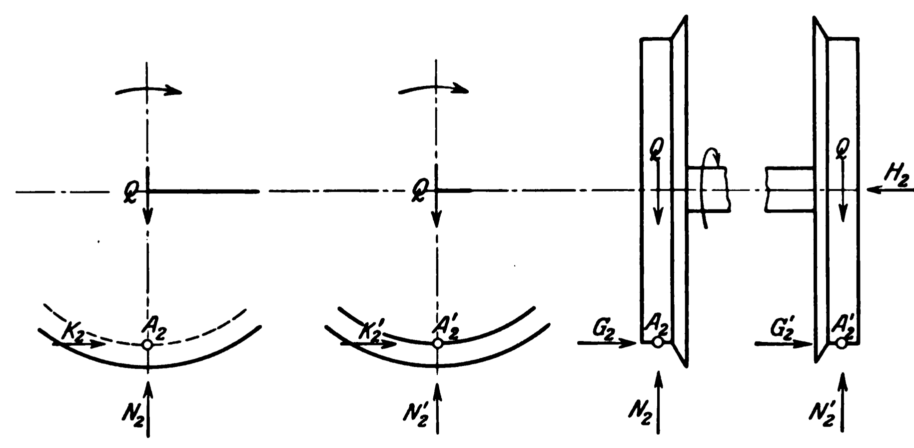


Abb. 2. Sämtliche in die Gleichgewichtsbedingungen eingehenden Kräfte an der Achse 2.

Bei einer solchen Krümmungseinstellung kommt dann eine der drei Achsen nicht zum Anlaufen, sie ruht nur in zwei Punkten auf den Schienen auf und empfängt vom Rahmen ihre Führung. Wir wollen dies für die zweite Achse annehmen, da es für sie bei den in der Praxis vorkommenden Gleisbögen vornehmlich zutrifft. Die in den beiden Stützpunkten auftretenden Reibungskräfte werden durch die Richtkräfte an den führenden, anlaufenden Achsen ausgeglichen. Der auf sie entfallende Anteil vom Krümmungswiderstand ist dann in diesen Richtkräften mitenthalten. Als Unbekannte treten an der zweiten Achse auf (Abb. 2) die Auflagerdrücke N_2, N_2', die Seitenkraft H_2, ein Wendekräftepaar $\mathfrak{M}_2$ an den Achslagern um die Lotrechte, ein ideelles Antriebskräftepaar $\mathfrak{M}_{w2}$ und die Höhenverlagerung c_2 der Rollachse entsprechend der Bezeichnungsweise Bäselers. Diesen stehen folgende Gleichgewichtsbedingungen gegenüber.

Achse 2.
1. $K_2 + K_2' = 0$
2. $G_2 + G_2' - H_2 = 0$
3. $N_2 + N_2' - 2\,Q = 0$
4. $\mathfrak{M}_2 + (K_2 - K_2') \cdot \frac{s}{2} = 0$
5. $(N_2 - Q) \cdot s - H_2 \cdot r = 0$
6. $\mathfrak{M}_{w2} - (K_2 + K_2')\, c_2 = 0$

Die Seitenkräfte der Reibung sind hier und später abweichend von der Darstellung Bäselers sämtlich mit positivem Richtungssinn, also mit der Achsrichtung übereinstimmend, eingeführt. Das bei der Zahlenrechnung für die Reibungskräfte einzusetzende Vorzeichen wird durch den Richtungssinn der Gleitwege festgelegt, die mit Annahme der Größe c bestimmt sind; natürlich ist dabei zu berücksichtigen, daß die Reibungskräfte am Fahrzeug in die entgegengesetzte Wegrichtung wie die Gleitwege fallen. Das Gleichgewicht der Achse 2 läßt sich also für sich angeben. Auf den Rahmen wirkt sie mit der Seitenkraft H_2 und infolge der Wendebewegung mit dem Kräftepaar $\mathfrak{M}_2$. Sind weitere nicht anlaufende Achsen vorhanden, so kann man bei ihnen in gleicher Weise vorgehen.

An der ersten und dritten Achse haben wir je drei Auflagerpunkte, in denen Kräfte übertragen werden und außerdem die Rahmenführung, die sich bekanntlich ausdrückt durch Übertragung einer Querkraft H, einer Längskraft L und eines Wendekräftepaares $\mathfrak{M}$. Die Längskraft sei hier gleich Null gesetzt; später bei gekuppelten Achsen ist dies nicht zulässig. Den Krümmungswiderstand einer Achse wollen wir uns dementsprechend statt durch eine am Zughaken wirkende Längskraft durch ein antreibendes Kräftepaar $\mathfrak{M}_w$ überwunden vorstellen. An den beiden Achsen 1 und 3 sind dann unbekannt:

die Auflagerkräfte	$\mathfrak{N}_1$	N_1	N_1'
	$\mathfrak{N}_3'$	N_3	N_3'
die Querkräfte	H_1	H_3	
die Wendekräftepaare	$\mathfrak{M}_1$	$\mathfrak{M}_3$	

die beiden Kräftepaare des Antriebs zur Überwindung des Krümmungswiderstandes W $\mathfrak{M}_{w1}$ $\mathfrak{M}_{w3}$

und die Höhenverlagerungen der Rollachsen c_1 c_3.

Für sie lauten die räumlichen Gleichgewichtsbedingungen:

Achse 1 (Abb. 3).
1. $\mathfrak{K}_1 + K_1 + K_1' = 0$
2. $P_1 + \mathfrak{G}_1 + G_1 + G_1' - H_1 = 0$
3. $\mathfrak{N}_{z1} + \mathfrak{J}_1 + N_1 + N_1' - 2\,Q = 0$
4. $\mathfrak{M}_1 + (\mathfrak{K}_1 + K_1 - K_1') \cdot \frac{s}{2} = 0$*)
5. $-(\mathfrak{N}_{z1} + \mathfrak{J}_1) \cdot b_1 - \mathfrak{K}_1 \cdot a_1' + (K_1 + K_1') \cdot c_1 + \mathfrak{M}_{w1} = 0$
6. $(\mathfrak{N}_{z1} + \mathfrak{J}_1 + N_1) \cdot s - H_1 \cdot r - (P_1 + \mathfrak{G}_1) \cdot a_1 - Q \cdot s = 0$

Achse 3 (Abb. 4).
1. $\mathfrak{K}_3' + K_3 + K_3' = 0$
2. $-P_3' + \mathfrak{G}_3' + G_3 + G_3' + H_3 = 0$
3. $\mathfrak{N}_{z3}' + \mathfrak{J}_3' + N_3 + N_3' - 2\,Q = 0$
4. $\mathfrak{M}_3 + (K_3 - \mathfrak{K}_3' - K_3') \cdot \frac{s}{2} = 0$
5. $-(\mathfrak{N}_{z3}' + \mathfrak{J}_3') \cdot b_3' - \mathfrak{K}_3' \cdot a_3' + (K_3 + K_3') \cdot c_3 + \mathfrak{M}_{w3} = 0$
6. $-(\mathfrak{N}'_{z3} + \mathfrak{J}'_3 + N'_3) \cdot s + H_3 \cdot r + (P'_3 - \mathfrak{G}'_3) \cdot a_3 + Q \cdot s = 0$

Zwei weitere Gleichungen hat man in den für den Rahmen bestehenden Bedingungen (Abb. 5).
1. $H_1 + H_2 - H_3 = 0$
2. $H_1 \cdot l + H_2 \cdot l_2 - \mathfrak{M}_1 - \mathfrak{M}_2 - \mathfrak{M}_3 = 0$

*) In der jüngeren Literatur findet man für den Punkt M auch die Bezeichnung „Pol"; doch wird hiervon abgeraten: der Pol der Bewegung ist für das Fahrzeuggestell der Krümmungsmittelpunkt 0, M dagegen ist nur ein relativer Pol für die gleitenden Bewegungen. Um Irrtümern vorzubeugen, empfiehlt es sich, die von Uebelacker bereits für M gewählte Bezeichnung „Reibungsmittelpunkt" beizubehalten.

*) Das Moment $(P + \mathfrak{G}) \cdot b$ ist in den Gleichungen 4 der anlaufenden Achsen immer als unwesentlich für die Bestimmung des Gleichgewichts vernachlässigt.

Die aufgestellten Bedingungen der Achse 1 und 3 lassen sich nach jedesmaligem Ausscheiden der Gleichung 5 wie beim zweiachsigen Wagen auf zwei Gleichungen mit den unbekannten Werten c_1, H_1 und c_3, H_3 zurückführen, so daß man mit Hilfe der beiden für das gesamte Fahrzeug geltenden Gleichungen die zueinander passenden c- und H-Werte ermitteln kann.

Einfacher und schneller ist jedoch die graphische Lösung. Man errechnet für verschiedene c-Werte mit Hilfe der Gleichungen 1, 2, 3, 4 und 6 einer Achse das zugehörige H und trägt es in einem Schaubild in Abhängigkeit von c auf (Abb. 6). In einem zweiten Schaubild (Abb. 7) trägt man in Abhängigkeit von c die Momente $H_1 . l_1$, $H_2 . l_2$ und die drei Kräftepaare $\mathfrak{M}_1$, $\mathfrak{M}_2$, und $\mathfrak{M}_3$ auf. Die Kräftepaare mit $H_2 . l_2$. zu einer rusultierenden Momentenlinie vereinigt — wobei man den für Gleichgewicht richtigen $\mathfrak{M}_3$-Wert schon annähernd genau aus der $\mathfrak{M}_3$-Linie abgreifen kann, eine nachträgliche Verbesserung mit dem genauen $\mathfrak{M}_3$ erübrigt sich im allgemeinen — liefert einen Schnittpunkt mit der $H_1 . l$-Linie und damit das für Gleichgewicht richtige c_1. Durch Abtragen dieses c_1-Wertes auf der H_1-Linie im ersten Schaubild findet man das zugehörige H_1. Das für Gleichgewicht der dritten Achse richtige H_3 erhält man mit Hilfe der Gleichung $H_1 + H_2 - H_3 = 0$; denn H_2 ist ja vorher errechnet. Durch Abtragen des so bestimmten H_3 auf der H_3-Kurve in der Abbildung 6 erhält man das zugehörige c_3 der Hinterachse. Errechnet man mit den so ermittelten c- und H-Werten die Normal- und Reibungskräfte in den einzelnen Stützpunkten, dann bietet Gleichung 2 des Rahmens eine Probe für die Richtigkeit der gemachten Annahmen. Für die Schaubilder sind die Werte der folgenden Zahlenrechnung gewählt.

Verfolgen wir nun an Hand der vorausgegangenen Betrachtungen die Verhältnisse bei einer dreiachsigen C-Lokomotive mit einem Radstand von $2{,}0 + 1{,}7 = 3{,}7$ m und einem Raddurchmesser von 1200 mm, die eine 300 m-Kurve mit üblicher Spurerweiterung leer und mit ausgehängten Kuppelstangen durchläuft. Die Mittelachse sei wie die Endachsen gegenüber dem Hauptrahmen unverschieblich. In diesem Fall ist das Spiel σ im Gleis $25 + 11 = 36$ mm bereits so groß, daß die Richtkraft an der Innenschiene Null wird, das Fahrzeug also einfach geführt ist. Die für diese Stellung ermittelte Lage des Reibungsmittelpunktes ist $x = 3{,}5$ m hinter der Vorderachse.

An der zweiten Achse erhält man Gleichgewicht bei $c_2 = 0{,}28$ mm. Um den Winkel α_2 ist sie schief zum Gleis gerichtet. Dieser ist, wenn p den Abstand der Achse vom Reibungsmittelpunkt bedeutet,

$$\alpha_2 = \sin \alpha_2 = \frac{p_2}{R} = \frac{1{,}5}{300} = 0{,}005;$$

der Gleitweg in Y-Richtung

$$v_{y2} \frac{d\,t}{d\,\varphi} = p_2 = R . \alpha_2 = 1{,}5$$

Die Zusammenstellung 1 enthält die mit Annahme von c sich ergebenden Rechenwerte der Gleitwege und Reibungskräfte. ξ und später ε sind jedesmal die Winkel, die die Gleitwege und Reibungskräfte in den Aufstützpunkten bzw. Spurkranzdruckpunkten mit der oben festgelegten Y-Richtung bilden.

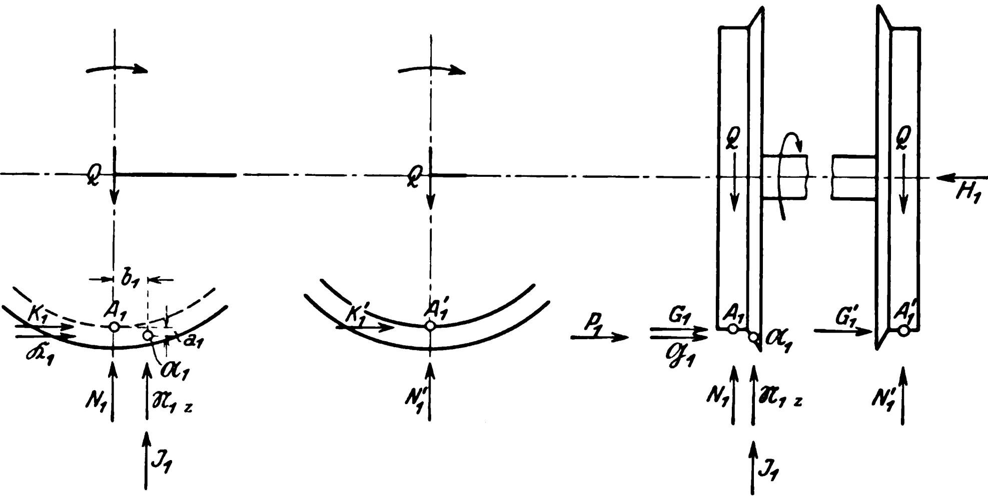


Abb. 3. Sämtliche in die Gleichgewichtsbedingungen eingehenden Kräfte an der Achse 1.

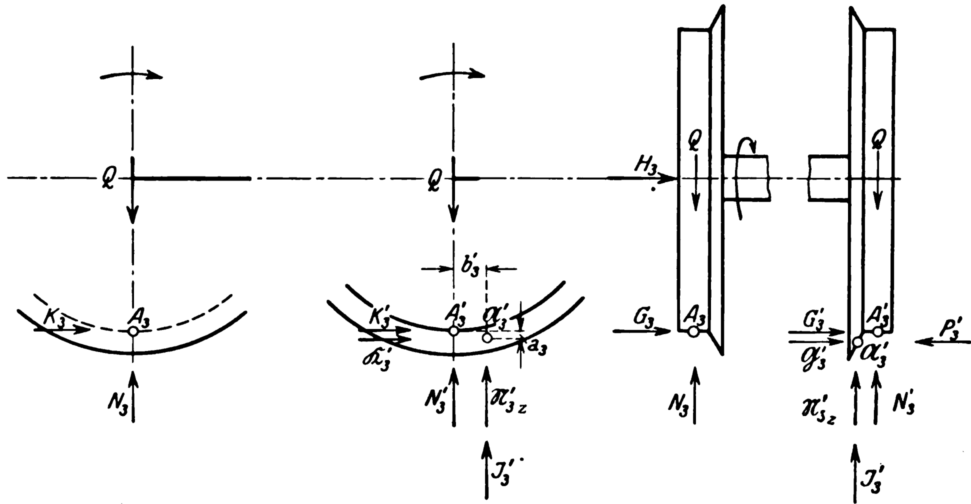


Abb. 4. Sämtliche in die Gleichgewichtsbedingungen eingehenden Kräfte an der Achse 3.

Zusammenstellung 1.

Stützpunkte	A_2	A'_2
$v_x \frac{dt}{d\varphi}$	0,89	— 0,61
$v_G \frac{dt}{d\varphi}$	1,743	1,621
sin	$\xi_2 = 0{,}86$	$\xi_2' = 0{,}926$
cos	$\xi_2 = 0{,}511$	$\xi_2' = -0{,}376$
K	$-0{,}128\,N_2$	$0{,}094\,N_2'$
G	$-0{,}215\,N_2$	$-0{,}2315\,N_2'$

Ferner ist: $N_2 = 0{,}850$ Q
$N_2 = 1{,}150$ Q
$H_2 = 0{,}449$ Q
$\mathfrak{M}_2 = 0{,}163$ Q

Für sie wären damit alle Werte ermittelt.

Für die vordere Achse erhält man auf graphischem Wege $c_1 = 1{,}97$ mm und für die Hinterachse $c_3 = -0{,}65$ mm. Mit diesen Werten die Rechnung durchgeführt, ergibt die in der Zusammenstellung 2 eingetragenen Rechnungswerte und führt nach Auflösen der Gleichgewichtsbedingungen zu folgenden Normalkräften in den Auflagerpunkten der beiden Radsätze.

Der Anlaufwinkel α_1 ist

$$\alpha_1 = \sin \alpha_1 = \frac{p_1}{R} = \frac{3{,}5}{300} = 0{,}0177$$

und

$$\alpha_3 = \sin \alpha_3 = -\frac{p_3}{R} = -\frac{0{,}2}{300} = -0{,}00067,$$

somit wird die Vorverlegung der Spurkranzdruckpunkte $\mathfrak{A}_1$ und $\mathfrak{A}'_3$ an beiden Achsen:

$$b_1 = r'.\mathrm{tg}\,\beta.\alpha_1 = 0{,}0123 \text{ m}$$
$$b'_3 = r'.\mathrm{tg}\,\beta.\alpha_3 = 0{,}0007 \text{ m}$$

Die von c unabhängigen Rechenwerte der Gleitwege und Reibungskräfte sind:

$$\mathfrak{v}_{1y}\frac{dt}{d\varphi} = v_{1y}\frac{dt}{d\varphi} = v_1{}'_y\frac{dt}{d\varphi} = p_1 = 3{,}5$$

$$\mathfrak{v}_{yz1}\frac{dt}{d\varphi} = \frac{p_1}{\cos\beta} = 7{,}02$$

$$\mathfrak{v}_{1z}\frac{dt}{d\varphi} = -b_1\frac{R}{r} = -6{,}15$$

$$\mathfrak{v}_3{}'_y\frac{dt}{d\varphi} = v_{3y}\frac{dt}{d\varphi} = v_3{}'_y\frac{dt}{d\varphi} = -p_3 = -0{,}2$$

$$\mathfrak{v}_3{}'_{yz}\frac{dt}{d\varphi} = \frac{-p_3}{\cos\beta} = -0{,}4$$

$$\mathfrak{v}_3{}'_z\frac{dt}{d\varphi} = -b_3{}'\frac{R}{r} = -0{,}35$$

und die mit c veränderlichen der Zusammenstellung 2 zu entnehmen.

Ferner wird: $\mathfrak{R}_1 = 0{,}912$ Q $\quad \mathfrak{R}'_3 = 0{,}045$ Q ≈ 0

$N_1 = 0{,}501$ Q $\quad N_3 = 1{,}039$ Q

$N'_1 = 0{,}860$ Q $\quad N'_3 = 0{,}955$ Q

$H_1 = 0{,}354$ Q $\quad H_3 = 0{,}096$ Q

Die Auflagerkraft $\mathfrak{R}'_3$ und mit ihr $P'_3 = \mathfrak{R}'_{3y} = \mathfrak{R}'_3.\sin\beta$ kann man für den Fall der Praxis genügend genau gleich Null setzen. Die Führung der Lokomotive wird dann nur von der Außenschiene ausgeübt, sie läuft also mit den beiden Achsen 2 und 3 frei. Um sich auch rechnerisch noch mehr für $\mathfrak{R}'_3$ dem Nullwert zu nähern, müßte man mit dem Reibungsmittelpunkt noch eine Kleinigkeit (etwa 0,05 m) nach hinten gehen. Dies würde die Ergebnisse mit Ausnahme von Δ R, der Seitenverlagerung des Rollkreises an der Hinterachse, nur unwesentlich ändern, so daß es sich nicht verlohnt, die Rechnung zu wiederholen. Der Rollkreis der Achse 3 würde um einige Zentimeter mehr nach innen rücken, immerhin aber noch auf der Außenseite der Fahrzeuglängsachse bleiben.

Die senkrecht zum Gleis stehende und im Spurkranzdruckpunkt angreifende Richtkraft P_1 ist in diesem Fall $P_1 = \mathfrak{R}_{y1} = \mathfrak{R}_1 \sin\beta = 0{,}79$ Q und der nach Abzug der am führenden Rade auftretenden G-Kräfte verbleibende Führungsdruck $Y_1 = 0{,}569$ Q. Die Richtkraft P_1 hat das Fahrzeug gegen sämtliche Widerstände um den Reibungsmittelpunkt gleitend zu drehen. Ihre Größe nimmt durch die unverschiebliche Mittelachse stark zu und gleichzeitig mit ihr der auf einer jeden Achse am Lager wirkende Seitendruck H. Die durch das damit auftretende Kippmoment bewirkte verschiedene Radbelastung ist an den einzelnen Achsen.

Zusammenstellung 3.

Achse	außen	innen
1	1,142 Q	0,860 Q
2	0,850 Q	1,150 Q
3	1,039 Q	0,962 Q

Am führenden Vorderrad trägt hiervon der Spurkranzdruckpunkt $\mathfrak{A}_1$ $\mathfrak{R}_{z1} + \mathfrak{J}_1 = (0{,}453 + 0{,}188)$ Q $= 0{,}641$ Q, so daß im Punkt A_1 das Rad mit der Last $N_1 = 0{,}501$ Q aufruht.

In v. H. tragen die einzelnen Stützpunkte

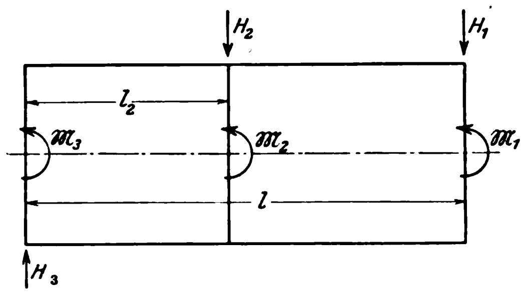


Abb. 5. Sämtliche in die Gleichgewichtsbedingungen eingehenden Kräfte und Momente am Fahrzeugrahmen.

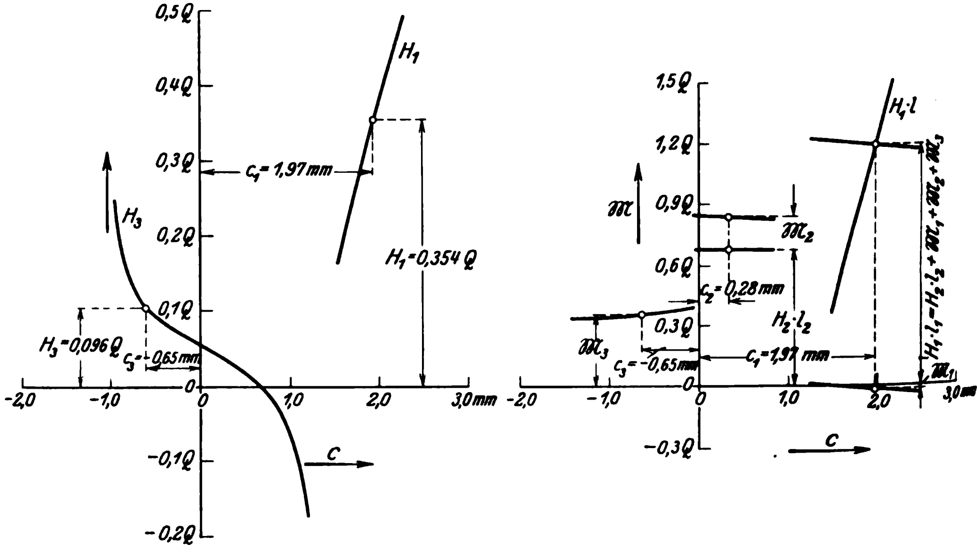


Abb. 6. Abb. 7.

Graphische Ermittelung der zusammengehörigen c_1-, c_3-, H_1- und H_3-Werte.

Zusammenstellung 2.

Stützpunkte	$\mathfrak{A}_1$	A_1	A_1'	$\mathfrak{A}_3'$	A_3	A_3'
$v_x\frac{dt}{d\varphi}$	−2,270	1,735	0,235	−4,985	0,515	−0,985
$v_G\frac{dt}{d\varphi}$	7,380	3,910	3,518	5,001	0,552	1,005
sin	$\varepsilon_1 = -0{,}308$	$\zeta_1 = 0{,}896$	$\zeta_1' = 0{,}998$	$\varepsilon_3' = -0{,}997$	$\zeta_3 = -0{,}326$	$\zeta_3' = -0{,}199$
cos	$\varepsilon_1 = 0{,}951$	$\zeta_1 = 0{,}444$	$\zeta_1' = 0{,}067$	$\varepsilon_3' = -0{,}080$	$\zeta_3 = 0{,}932$	$\zeta_3' = -0{,}980$
K	$0{,}077\,\mathfrak{R}_1$	$-0{,}111\,N_1$	$-0{,}017\,N_1'$	$0{,}249\,\mathfrak{R}_3'$	$-0{,}233\,N_3$	$0{,}245\,N_3'$
G	$-0{,}119\,\mathfrak{R}_1$	$-0{,}224\,N_1$	$-0{,}249\,N_1'$	$0{,}010\,\mathfrak{R}_3'$	$0{,}082\,N_3$	$0{,}049\,N_3'$
$\mathfrak{J}$	$0{,}206\,\mathfrak{R}_1$	—	—	$0{,}017\,\mathfrak{R}_3'$	—	—

Zusammenstellung 4.

Achse	$\mathfrak{A}$	A	A'
1	32,05	25,05	43,00
2	—	42,50	57,50
3	—	53,50	46,70

ihrer Achslast.

Die in ihnen auftretenden Reibungskräfte und ihre Gleitgeschwindigkeiten enthält die Zusammenstellung 5. Für die Errechnung der Gleitgeschwindigkeiten ist in unserem Falle $u_y = 5{,}24$ l/s

und $u_z = 0{,}0105$ 1/s. Die Reibungskräfte und Gleitgeschwindigkeiten des Punktes $\mathfrak{A}'_3$ sind hier angegeben wegen der später zu bestimmenden Gesamtreibungsleistung.

Bei Freilauf der Hinterachse ist der Anteil des Krümmungswiderstandes der Achse 3 wie der von 2 in dem der führenden Achse mitenthalten. Mit Hilfe der Momentengleichung 5 der führenden Achse erhält man so für den Cesamtwiderstand

$$W = \frac{0{,}00847\ Q}{0{,}6} = 0{,}0141\ Q$$

oder $$w = 2{,}35\ \text{kg/t}.$$

Zusammenstellung 5.

Stützpunkte		$\mathfrak{A}_1$	A_1	A_1'	A_2	A_2'	$\mathfrak{A}_3'$	A_3	A_3'
K	Q	0,070	−0,056	−0,015	−0,109	0,109	0,011	−0,242	0,229
G	Q	−0,109	−0,215	−0,215	−0,183	−0,266	0,0004	0,085	0,046
$\mathfrak{Z}$	Q	0,188	—	—	—	—	0,0007	—	—
R	Q	• 0,228	0,125	0,215	0,212	0,2875	0,011	0,257	0,234
v_x	m/s	0,0238	0,0182	0,0025	0,0093	0,0064	0,0523	0,0541	0,0104
v_y	m/s	0,0366	0,0366	0,0366	0,0157	0,0157	0,0021	0,0021	0,0021
v_z	m/s	0,0643	—	—	—	—	0,0004	—	—
v_G	m/s	0,0775	0,0410	0,0369	0,0183	0,0170	0,0525	0,0580	0,0105

Man kann ihn auch leicht aus der Reibungsleistung N_R bestimmen. Diese ist in einem Auflagerpunkt einer Achse gleich Reibungskraft × Gleitgeschwindigkeit, also in den einzelnen Punkten:

$\mathfrak{A}_1$ 0,01760 Q
A_1 0,00512 Q
A_1' 0,00794 Q
A_2 0,00387 Q
A_2' 0,00489 Q
A_3 0,00151 Q
A_3' 0,00246 Q

und insgesamt $N_R = 0{,}04339$ Q kgm/s. Es errechnet sich hieraus der Widerstand mit $v = 3{,}14159$ m/s zu

$$W = \frac{N_R}{v} = \frac{0{,}04339\,Q}{3{,}14159} = 0{,}0138\ Q$$

oder $$w = 2{,}31\ \text{kg/t}.$$

Die Abbildung 8 gibt die Lage der Rollkreise der einzelnen Achsen wieder. Von der Fahrzeuglängsachse ist der Abstand:

$$\Delta R_1 = \quad 0{,}985$$
$$\Delta R_2 = \quad 0{,}140$$
$$\Delta R_3 = -\ 0{,}235.$$

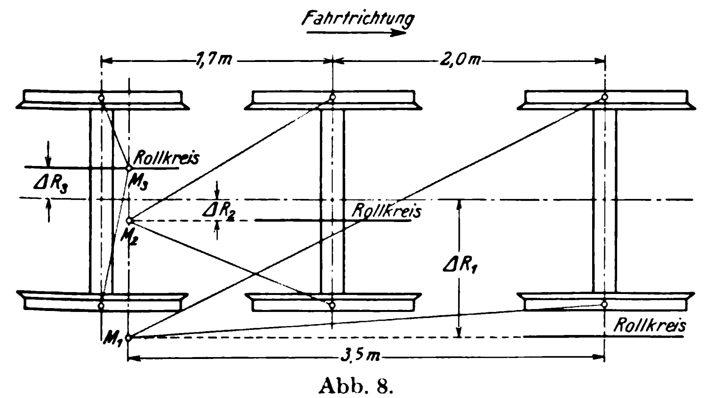


Abb. 8.
Lage der Rollkreise und Reibungsmittelpunkte an den drei Achsen.

Will man den Rollkreis in Gleismitte angeben, dann nimmt er den Halbmesser $r \pm c$ an und rollt dabei auf einem Grundkreis vom Radius R in einer um c nach unten oder oben verschobenen, parallelen Ebene. An den drei Achsen unseres Fahrzeuges wäre der Halbmesser des Rollkreises:

$$r_1' = 0{,}60197$$
$$r_2' = 60{,}0028$$
$$r_3' = 0{,}59953.$$

b) Bei eingehängten Kuppelstangen.

Wir haben oben bei unserem Rechenbeispiel die Voraussetzung gemacht, daß die Kuppelstangen der Lokomotive ausgehängt seien. Damit war den einzelnen Achsen die Möglichkeit gegeben, sich unabhängig voneinander drehen zu können. Diese Möglichkeit wollen wir ihnen jetzt nehmen, also den gewöhnlichen Fall untersuchen, wo eine Lokomotive mit drei fest in einem Rahmen gelagerten, miteinander gekuppelten Achsen eine Kurve leer durchläuft.

Um Nebenumstände hierbei auszuschalten, wollen wir uns nach Abb. 9 die Verbindung durch die Kuppelstangen durch ein auf jede Achse gesetztes Zahnrad ersetzt denken, über das eine endlose Kette gelegt ist. Bei Vorwärtsbewegung des Fahrzeugs, also auch in der Krümmung, sind durch diese Verbindung untereinander die drei

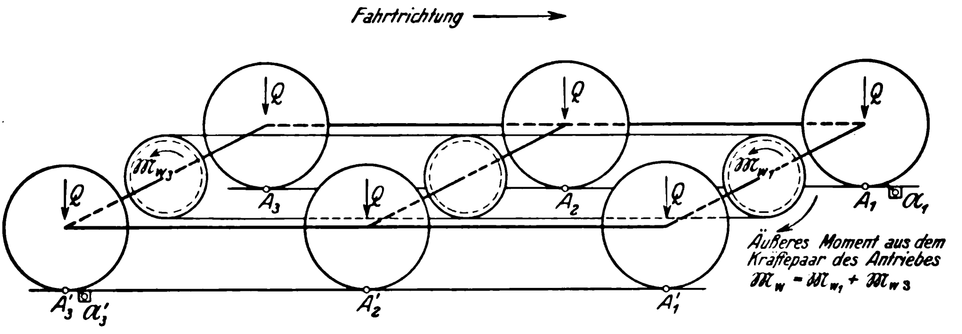


Abb. 9. Kuppelstangen der C-Lokomotive ersetzt durch eine endlose Kette.

Radsätze genötigt, mit gleicher Geschwindigkeit zu rollen. Die Winkelgeschwindigkeit der Rollbewegung ist also für jede Achse gleich, das bedeutet aber unter den früher genannten Voraussetzungen, daß auch die Höhenverlagerung c der Rollachse für jeden Radsatz dieselbe ist. Für jede der miteinander gekuppelten Achsen muß sich also das gleiche c angeben lassen, bei dem Gleichgewicht besteht. Für die Ermittlung des Krümmungswiderstandes der Lokomotive auf statischem Wege können wir uns die Kette durch einen Motor von außen angetrieben vorstellen, der das Kräftepaar des Antriebs $\mathfrak{M}_w$ zur Überwindung des Krümmungswiderstandes aufbringt. Es bleiben dann von den bisherigen Unbekannten:

$\mathfrak{N}_1$ N_1 N_1' H_1
N_2 N_2' H_2 c und $\mathfrak{M}_w$
$\mathfrak{N}'_3$ N_3 N_3' H_3

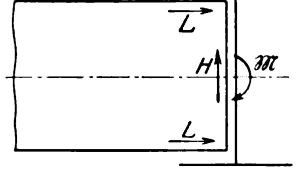


Abb. 10.
Die durch die Rahmenführung auf einen Radsatz ausgeübten Kräfte und Momente bei miteinander gekuppelten Achsen.

Hinzu kommen an jeder Achse zwei weitere, im folgenden mit L bezeichnet, da die durch Kupplung der Radsätze erzwungene gleiche Rollgeschwindigkeit Kräfte in X-Richtung auf den einzelnen Radsatz wirkend bedingt (Abb. 10). Sie stellen die Beanspruchung der Verbindungsteile der Achsen miteinander dar und wirken freilich nicht nur im Rahmen, sondern auch in den Kuppelstangen. Wie sie sich allerdings auf diese beiden Verbindungsstücke verteilen, läßt sich schwer angeben und ist auch nicht von

Interesse, wenn wir nicht nach der Beanspruchung dieser Teile fragen. Für die theoretische Übersicht erscheint es jedoch erwünscht, wenn wir die L-Kräfte berechenbar anzugeben vermögen, das läßt sich erreichen, wenn man die Kuppelstangen durch die endlose Kette ersetzt, dann treten diese Kräfte eben nur im Rahmen auf; wir werden sehen, daß wir sie für das Gleichgewicht des ganzen Fahrzeugs nicht benötigen und wollen deshalb von ihrer rechnerischen Ermittlung beim Zahlenbeispiel absehen. Für die drei Achsen lauten dann die Gleichgewichtsbedingungen:

Achse 1.
1. $\mathfrak{K}_1+K_1+K_1'+L_1+L_1'=0$
2. $P_1+\mathfrak{G}_1+G_1+G_1'-H_1=0$
3. $\mathfrak{N}_{1z}+N_1+N_1'+\mathfrak{J}_1-2\,Q=0$
4. $-L_1'.s-K_1'.s=0$
5. $(\mathfrak{N}_{1z}+\mathfrak{J}_1+N_1).s-H_1.r-(P_1+\mathfrak{G}_1).a-Q.s=0.$

Achse 2.
1. $K_2+K_2'+L_2+L_2'=0$
2. $G_2+G_2'-H_2=0$
3. $N_2+N'_2-2\,Q=0$
4. $-L_2'.s-K_2'.s=0$
5. $N_2.s-Q.s-H_2.r=0$

Achse 3.
1. $\mathfrak{K}_3'+K_3+K_3'+L_3+L_3'=0$
2. $-P_3'+\mathfrak{G}_3'+G_3+G_3'+H_3=0$
3. $\mathfrak{N}_{3z}'+\mathfrak{J}_3'+N_3+N_3'-2\,Q=0$
4. $L_3.s+K_3.s=0$
5. $-(\mathfrak{N}_{3z}'+\mathfrak{J}_3'+N_3').s+H_3.r+(P_3'-\mathfrak{G}_3').a+Q.s=0$

und für die drei Radsätze zusammen und den Rahmen:

1. $\mathfrak{K}_1+K_1+K_1'+K_2+K_2'+\mathfrak{K}_3'+K_3+K_3'=0$
2. $H_1.l+H_2.l_2+(\mathfrak{K}_1+K_1-K_1'+K_2-K_2'-\mathfrak{K}_3'+K_3-K_3').\frac{s}{2}=0$
3. $H_1+H_2-H_3=0$

Schließlich hat man noch für die Ermittelung des Widerstandes die Gleichung:

$$-(\mathfrak{N}_{1z}+\mathfrak{J}_1).b_1-(\mathfrak{N}_{3z}'+\mathfrak{J}_3).b_3'-(\mathfrak{K}_1+\mathfrak{K}_3').a+\mathfrak{M}.w=0$$

In ihnen sind die L-Kräfte sämtlich mit positivem Richtungssinn eingeführt, da dieser von vornherein nicht bekannt ist; ein sich bei der Auswertung ergebender negativer Wert würde dann besagen, daß die Kraft in negativer X-Richtung wirksam ist. Die Bedingungen 1 und 4 eines jeden Radsatzes können wir bei den weiteren Untersuchungen ausscheiden, sie ermöglichen die Angabe der L-Kräfte also des Gleichgewichts eines jeden Radsatzes einzeln. Nehmen wir nun ein c für die drei Achsen an, dann können wir für diese Lage der Drehachse (Schraubenachse) die an der mittleren auftretenden Reibungskräfte und die Seitenkraft H_2 angeben. Bei Bestimmung des Gleichgewichts des gesamten Fahrgangs sind sie als eine am Fahrzeugrahmen angreifende, äußere Kraft und als ein äußeres Kräftepaar zu berücksichtigen. Für die Lösung selbst stehen die restlich aufgestellten Gleichungen der Achse 1 und 3 und die drei für den Rahmen und die drei Radsätze gemeinsam aufgestellten zur Verfügung, wobei Gleichung 2 der drei Radsätze eine Probe für die Richtigkeit des angenommenen c-Wertes bildet.

Vorstehendes sind die Grundlagen, von denen man auch auszugehen hat, wenn mehr als drei unverschieblich in einem Rahmen gelagerte Achsen miteinander gekuppelt sind, und nun zum Beispiel.

Hierfür wollen wir dasselbe Fahrzeug wie vorher unter gleichen Bedingungen beim Durchlaufen des Bogens, diesmal aber mit gekuppelten Achsen wählen. Der Reibungsmittelpunkt, seine Lage wiederum als Grenzwert ermittelt, verlagert sich dabei für einfache Führung ein wenig nach vorn, er liegt $x=3{,}43$ m hinter der Vorderachse.

Der Anlaufwinkel der Achse 1 und 3 wird damit:

$$\alpha_1=\sin\alpha_1=\frac{3{,}43}{300}=0{,}0114$$

$$\alpha_3=\sin\alpha_3=\frac{0{,}27}{300}=0{,}0009$$

und der Schiefstellungswinkel der Achse 2

$$\alpha_2=\sin\alpha_2=\frac{1{,}43}{300}=0{,}0048$$

Mithin ist die Vorverlegung des Spurkranzdruckpunktes $\mathfrak{A}_1$

$$b_1=0{,}608.1{,}732.0{,}0114=0{,}012\text{ m}$$

und von $\mathfrak{A}'_3$

$$b'_3=0{,}608.1{,}732.0{,}0009=0{,}00095\text{ m.}$$

Von der weiteren jedesmaligen Wiedergabe der Rechnezwischenwerte soll abgesehen werden.

Gleichgewicht erhält man nach graphischer Ermittlung bei dem Wert $c=0{,}55$ mm. Mit ihm errechnen sich die nachstehenden Normalkräfte in den Auflagerpunkten und Seitendrücke in den Achslagern.

$\mathfrak{N}_1=0{,}8450\,Q$		$\mathfrak{N}_3'=0{,}0320\,Q$
$N_1=0{,}5300\,Q$	$N_2=0{,}823\,Q$	$N_3=1{,}0610\,Q$
$N_1'=0{,}8800\,Q$	$N'_2=1{,}77\,Q$	$N'_3=0{,}9227\,Q$
$H_1=0{,}2906\,Q$	$H_2=0{,}446\,Q$	$H_3=0{,}1810\,Q.$

Auch hier können wir die Auflagerkraft $\mathfrak{N}_3'$ und mit ihr wieder die Richtkraft $P_3'=\mathfrak{N}_{3y}'=\mathfrak{N}_3'\sin\beta$ praktisch gleich Null setzen, so daß einfache Führung besteht. In diesem Fall ist die Richtkraft $P_1=0{,}733\,Q$ ein wenig kleiner als vorher, ebenso der Führungsdruck $Y_1=0{,}509\,Q$.

In der Zusammenstellung 6 sind die in den Stützpunkten auftretenden Reibungskräfte und Gleitgeschwindigkeiten eingetragen.

Aus der statischen Gleichung erhalten wir für den Widerstand

$$W=\frac{\mathfrak{M}_w}{r}=\frac{0{,}00786\,Q}{0{,}6}=0{,}0131\,Q$$

und $w=2{,}185$ kg/t

und mit Hilfe der Reibungsleistung, wenn sie am Punkt

$\mathfrak{A}_1$	0,01660 Q
A_1	0,00496 Q
A_1'	0,00796 Q
A_2	0,00381 Q
A_2'	0,00465 Q
A_3	0,00294 Q
A_3'	0,00132 Q

insgesamt also $N_R=0{,}04224\,Q$ kgm/s beträgt,

$$W=\frac{0{,}04224\,Q}{3{,}14159}=0{,}0135\,Q \text{ und } w=2{,}25\text{ kg/t.}$$

Gegenüber dem vorhergehenden Fall nimmt auch hier der Widerstand ein wenig ab, so daß wieder Übereinstimmung der beiden auf verschiedenem Wege ermittelten Widerstandswerte besteht. Die geringe Verminderung läßt jedoch nicht den Schluß zu, daß eine Lokomotive bei Leerlauf mit gekuppelten Achsen sich mit weniger Widerstand bewegt als mit ungekuppelten; denn im Ansatz sind nicht enthalten die in den Stangenköpfen noch hinzukommenden Reibungskräfte. Sie besagt indessen, daß, wenn man die Achsen eines Fahrzeugs miteinander durch Kuppelstangen verbindet, der den Laufwiderstand in der Krümmung zusätzlich vergrößernde Widerstand geringer ist. Der Grund dafür ist die größere, schräg vorwärts gerichtete Reibungskraft — man vergleiche die K-Kräfte der Zusammenstellung 5 und 6 miteinander — im Spurkranzdruckpunkt $\mathfrak{A}_1$, deren Seitenkraft in X-Richtung die Wendebewegung der Achse 1 und damit des ganzen Fahrzeugs befördert, d. h. P unterstützt und damit gleichzeitig auch der Grund für die weitere Vorverlegung des Reibungsmittelpunktes ist. Der Rollkreisabstand von der

Fahrzeuglängsachse ist $\varDelta$ R = 0,275 m, für Gleismitte erhält er den Halbmesser r' = 0,60055 m.

III. Die seitenverschiebliche Anordnung der Mittelachse am gleichen Fahrzeug und sein Verhalten in der Gleiskrümmung.

a) Bei ausgehängten Kuppelstangen.

Im folgenden wollen wir uns in unserer Untersuchung einem Fahrzeug mit verschieblicher Mittelachse zuwenden, dessen Achsen zunächst noch ungekuppelt sind.

Die Verschieblichkeit soll so groß sein, daß die Achsbunde am Fahrzeugrahmen nicht zum Anlaufen kommen, statt dessen aber der Spurkranz am Schienenstrang. Die Frage, ob eine verschiebliche Achse an der Innen- oder Außenschiene zum Anlaufen kommt, hängt von der jeweiligen Lage des Reibungsmittelpunktes ab. Gewöhnlich wird sie wegen des vorhandenen Spiels im Gleis außen anlaufen; wir wollen diesen Fall deshalb für unsere Überlegungen zur Voraussetzung machen. Der Rahmen kann auf sie in Y-Richtung keine Kräfte ausüben, die Führung durch ihn kann sich nur noch auswirken in der Übertragung eines Momentes aus dem Wendekräftepaare $\mathfrak{M}$ und einer Längskraft L. Von dieser können wir vorläufig wieder absehen, da wir den Krümmungswiderstand uns immer durch ein äußeres Antriebskräftepaar $\mathfrak{M}_w$ ausgeglichen vorstellen und sie so für die Angabe des Gleichgewichts nicht benötigen. Die in den Auflagerpunkten der Achse auftretenden Seitenkräfte der Reibung in Y-Richtung, das sind die G-Kräfte, werden durch die von der Schiene im Spurkranzdruckpunkt übertragene Richtkraft unmittelbar ausgeglichen; eine ungleiche Radbelastung tritt also für sie nicht ein. An Unbekannten haben wir demnach an der Mittelachse, wenn wir wieder ein dreiachsiges Fahrzeug für unsere Betrachtung wählen, die drei Auflagerdrücke $\mathfrak{N}_2$ N_2 N'_2, das Wendekräftepaar $\mathfrak{M}_2$, das Kräftepaar des Antriebs $\mathfrak{M}_{w2}$ und die Höhenverlagerung c_2 der Rollachse, denen sechs räumliche Gleichgewichtsbedingungen gegenüberstehen, nämlich:

Achse 2.
1. $\mathfrak{K}_2 + K_2 + K_2' = 0$
2. $P_2 + \mathfrak{G}_2 + G_2 + G_2' = 0$
3. $\mathfrak{N}_{2z} + \mathfrak{J}_2 + N_2 + N_2' - 2\,Q = 0$
4. $\mathfrak{M}_2 + (\mathfrak{K}_2 + K_2 - K_2') \cdot \frac{s}{2} = 0$
5. $-(\mathfrak{N}_{2z} + \mathfrak{J}_2) \cdot b_2 + (K_2 + K_2') \cdot c_2 - \mathfrak{K}_2 \cdot a_2' + \mathfrak{M}_{w2} = 0$
6. $(\mathfrak{N}_{2z} + \mathfrak{J}_2 + N_2) \cdot s - (P_2 + \mathfrak{G}_2) \cdot a_2 - Q \cdot s = 0.$

Das Gleichgewicht dieser Achse läßt sich also wieder für sich bestimmen. An den Bedingungen der ersten und dritten Achse ändert sich nichts, sie bleiben in vollem Umfange bestehen wie sie auf Seite 164 angegeben wurden. Für den Rahmen gleichen sich die Bedingungen, da die Mittelachse keine Rückwirkung in Y-Richtung ausüben kann, denen des zweiachsigen Wagens an; in der zweiten Gleichung kommt lediglich das Wendekräftepaar der verschieblichen Achse, das gleich und entgegengesetzt dem Moment aus den K-Kräften, hinzu. Sie lauten:

1. $H_1 - H_3 = 0$
2. $-\mathfrak{M}_1 - \mathfrak{M}_2 - \mathfrak{M}_3 + H_1 \cdot l = 0.$

Die Lösung der Gleichungen kann in der beim ersten Fall besprochenen Weise erfolgen. Da die Summe aus H_1 und H_3 Null ergibt, vereinfacht sich die graphische Methode zur Bestimmung der für Gleichgewicht passenden c_1- und c_3-Werte. Hat man nämlich H_1 für Gleichgewicht ermittelt, so braucht man im ersten Schaubild nur noch parallel zur X-Achse nach der H_3-Kurve zu gehen und erhält im Schnittpunkt den Wert c_3 für die dritte Achse.

Für die zahlenmäßige Untersuchung wollen wir an der bisher behandelten Lokomotive die Mittelachse jetzt verschieblich machen und sie leer durch eine 300 m-Kurve ohne Spurerweiterung laufen lassen, um an Hand der Rechnungsergebnisse hinsichtlich des Krümmungswiderstandes und der Beanspruchung von Radreifen und Schiene noch einige Folgerungen zu ziehen.

Zusammenstellung 6.

Stützpunkte		$\mathfrak{N}_1$	A_1	A_1'	A_2	A_2'	$\mathfrak{N}_3'$	A_3	A_3'
K	Q	0,088	— 0,038	0,030	— 0,120	0,088	0,008	— 0,257	0,200
G	Q	— 0,097	— 0,127	0,218	— 0,167	— 0,278	0,0004	0,068	0,114
$\mathfrak{J}$	Q	0,167	—	—	—	—	0,0008	—	—
R	Q	0,211	0,133	0,220	0,206	0,294	0,008	0,265	0,231
v_x	m/s	0,0313	0,0108	0,0050	0,0108	0,0050	0,0470	0,0108	0,0050
v_y	m/s	0,0359	0,0359	0,0359	0,0150	0,0150	0,0028	0,0028	0,0028
v_z	m/s	0,0630	—	—	—	—	0.0050	—	—
v_G	m/s	0,0785	0,0375	0,0362	0,0185	0,0158	0,0475	0,0111	0,0057

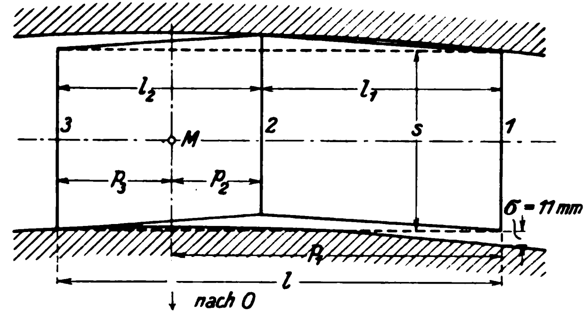


Abb. 11. Geometrisch erzwungene Einstellung eines krümmungsbeweglichen Fahrzeugs in 300 m-Krümmung ohne Spurerweiterung.

Wird ein Gleisbogen ohne Spurerweiterung verlegt, so bleiben zwischen Spurkranz und Schiene des nicht anlaufenden Rades der führenden Achsen im Regelfall noch 11 mm Spiel. Sie reichen nicht aus, um bei dem gegebenen Radstand von insgesamt 3,7 m dem Fahrzeug einfache Führung zu ermöglichen. Die Lage des Reibungsmittelpunktes ist diesmal also geometrisch bedingt, er liegt $X = \frac{l}{2} + \frac{\sigma \cdot R}{l} = 1{,}85 + 0{,}89 = 2{,}74$ m hinter der Vorderachse, also so, daß die zweite Achse außen zum Anlaufen kommt, denn sie liegt vor dem Reibungsmittelpunkt. (Abb. 11).

Die Anlaufwinkel und die Vorverlegung der Spurkranzdruckpunkte sind damit an den drei Achsen:

$$\alpha_1 = \frac{2{,}74}{300} = 0{,}0913 \qquad b_1 = 0{,}00961$$

$$\alpha_2 = \frac{0{,}74}{300} = 0{,}0024 \qquad b_2 = 0{,}00258$$

$$\alpha_3 = \frac{0{,}96}{300} = 0{,}0032 \qquad b'_3 = 0{,}00337.$$

Für den Gleichgewichtsfall sind die drei c-Werte:

$c_1 = 1{,}420$, $c_2 = 1{,}053$ und $c_3 = 0{,}803$ mm

Durch Einsetzen und Auflösen der Gleichungen findet man:

$\mathfrak{N}_1 = 0{,}637$ Q $\quad \mathfrak{N}_2 = 0{,}414$ Q $\quad \mathfrak{N}_3' = 0{,}531$ Q
$N_1 = 0{,}600$ Q $\quad N_2 = 0{,}750$ Q $\quad N_3 = 0{,}957$ Q
$N_1' = 0{,}957$ Q $\quad N_2' = 1{,}000$ Q $\quad N_3' = 0{,}731$ Q
$H_1 = 0{,}108$ Q $\quad H_3 = 0{,}108$ Q
$\mathfrak{M}_{w1} = 0{,}004796$ Q $\quad \mathfrak{M}_{w2} = 0{,}0013595$ Q $\quad \mathfrak{M}_{w3} = 0{,}0020206$ Q,

es errechnen sich also die drei Richtkräfte zu: $P_1 = 0{,}551$ Q, $P_2 = 0{,}358$ Q, $P_3' = 0{,}458$ Q

und damit die Führungsdrücke zu: $Y_1 = 0{,}346$ Q, $Y_2 = 0{,}239$ Q, $Y_3' = 0{,}264$ Q.

Die Seitenkräfte der Reibung sowie diese selbst und die Gleitgeschwindigkeiten enthält Zusammenstellung 7.

Für den Krümmungswiderstand findet man mit Hilfe der Gleichungen 5 einer Achse:

$$W = \frac{\mathfrak{M}_{w1} + \mathfrak{M}_{w2} + \mathfrak{M}_{w3}}{r} = \frac{0,00819\,Q}{0,6} = 0,01365\,Q$$

und $w = 2,28$ kg/t.

Zusammenstellung 7.

Stützpunkte		$\mathfrak{A}_1$	A_1	A_1'	$\mathfrak{A}_2$	A_2	A_2'	$\mathfrak{A}_3'$	A_3	A_3'
K	Q	0,067	— 0,070	0,004	0,091	— 0,162	0,072	0.122	— 0,184	0,062
G	Q	— 0,072	— 0,132	— 0,239	— 0,025	— 0,094	— 0,239	0,027	0,153	0,172
$\mathfrak{J}$	Q	0,125	—	—	0,043	—	—	0,046	—	—
R	Q	0,159	0,150	0,239	0,104	0.190	0,250	0,133	0,239	0,183
v_x	m/s	0,0266	0,0153	0,0004	0,0286	0,0134	0,0023	0,0456	0,0121	0,0937
v_y	m/s	0,0288	0,0288	0,0288	0,0078	0,0078	0,0078	0,0101	0,0101	0,0101
v_z	m/s	0,0505	—	—	0,0136	—	—	0,0177	—	—
v_G	m/s	0,0634	0,0326	0,0288	0,0154	0,0154	0,0081	0,0500	0,0157	0,0107

Aus der Reibungsleistung ermittelt ist er, wenn diese bei Punkt

$\mathfrak{A}_1$ 0,01075 Q
A_1 0,00488 Q
A_1' 0,00688 Q
$\mathfrak{A}_2$ 0,00326 Q
A_2 0,00291 Q
A_2 0,00202 Q
$\mathfrak{A}_3'$ 0,00664 Q
A_3 0,00374 Q
A_3' 0,00195 Q

zusammen also $N_R = 0,04303$ Q kgm/s ist,

$$W = \frac{0,04303\,Q}{3,14159} = 0,1369\,Q \text{ und}$$

$$w = 2,28 \text{ kg/t}.$$

Die Rollkreise haben den Abstand $\Delta R_1 = 0,710$, $\Delta R_2 = 0,526$ und $\Delta R_3 = 0,403$ m von der Fahrzeuglängsachse. In Gleismitte wären ihre Halbmesser: $r_1' = 0,601420$, $r_2' = 0,601053$ und $r_3' = 0,600830$ m.

Der Krümmungswiderstand ist nahezu derselbe geblieben. Wir hätten dadurch, daß wir das Spiel im Gleisbogen von 36 auf 11 mm verringerten und damit Doppelführung des Fahrzeugs erzielten und außerdem auf Grund ihrer Verschieblichkeit die Achse 2 an der Führung beteiligten, eine Abnahme gegenüber dem Widerstandswert des steifen Fahrzeugs im Gleisbogen mit zusätzlichem Spiel erwarten können. Daß dies nicht zutrifft, hat seinen Grund in folgendem:

Ist die Lokomotive steifachsig und durchläuft sie die weite Spur, dann wird sie nur in einem Punkte an der Außenschiene geführt, in dem eine Richtkraft auftritt, die mit großem Hebelarm das Fahrzeug gegen alle Widerstände gleitend um den Reibungsmittelpunkt dreht. Spurkranzreibung, deren Hauptanteil durch das Rollen verursacht wird, tritt nur an einer Stelle auf. Anders bei der krümmungsbeweglichen Lokomotive in der engen Spur; sie wird in drei Punkten geführt, in denen Richtkräfte übertragen werden. Hierdurch erreicht man zwar, daß die Richtkraft an der Achse 1 gegenüber der bei einfacher Führung sich errechnenden erheblich abnimmt, nicht aber die gesamte Spurkranzreibung. Sie wird größer, da jetzt mehrere Achsen mit ihrem Spurkranz schleifen, also das Rollen nicht nur an einer den Widerstand vergrößert, sondern eben an mehreren. Für die P-Kräfte ist dabei noch zu beachten, daß ihre Änderung durch das Hebelgesetz bedingt ist. Das alles läßt bereits erkennen, daß die Ansicht, die den Krümmungswiderstand eines Fahrzeugs mit verschieblicher und unverschieblicher Achse für gleiche Einstellung gleichsetzt oder sogar für ein krümmungsbewegliches Fahrzeug niedriger errechnet, auf irriger Erkenntnis beruht. Trotzdem darf die Verteilung der führenden Einwirkung der Schienen auf das Fahrzeug immerhin als nützlich angesehen werden auch hinsichtlich der Abnutzung. Diese tritt jetzt allerdings an mehreren Punkten auf, aber unter weit weniger hohen Flächenpressungen als vorher. Für das Gleis wird das immer von Nutzen sein, da die im andern Fall stark beanspruchte Außenschiene jetzt entlastet wird. Unter gewissen Voraussetzungen aber auch für die Spurkränze des Fahrzeugs, nämlich dann, wenn einseitige Laufrichtung besteht. Ist das nicht der Fall, fährt die Lokomotive also nach beiden Seiten wie z. B. die elektrischen immer, dann dürfte unter der Voraussetzung, daß die Abnutzung proportional der Reibungsarbeit ist, eine gleiche Abnutzung der Spurkränze der äußeren Achsen für beide Fälle zu erwarten sein; denn dann ist die Summe der verzehrenden Spurkranzarbeit der ersten und dritten Achse ungefähr gleich der der ersten in der weiten Spur trotz der Verschieblichkeit der zweiten Achse. Freilich kann man darüber wohl im Zweifel sein, ob eine solche Voraussetzung erlaubt ist, da immerhin auch der Anlaufwinkel dabei von Bedeutung sein wird, doch wird das nur ein Dauerversuch klären können, vorerst gibt es dafür noch keine weiteren Anhaltspunkte. Durch andere Berührungsverhältnisse der anlaufenden Räder mit der Schiene lassen sich jedoch, wie Jahn für die Einpunktberührung in seiner Arbeit *) nachweist, auch für das krümmungsbewegliche Fahrzeug in der engen Krümmung hinsichtlich des Krümmungswiderstandes günstigere Verhältnisse schaffen, nur müßte man dann Sorge dafür tragen, daß die günstigen Anlaufverhältnisse auch immer erhalten bleiben.

b) Bei eingehängten Kuppelstangen.

Wir wollen uns jetzt noch dem Fall zuwenden, wo die Achsen der Lokomotive in gleicher Stellung wie vorher miteinander gekuppelt sind. Wie früher müssen sie dann mit gleicher Geschwindigkeit rollen; wir erhalten also für alle drei Achsen wieder ein gleiches c. Für die Angabe des Gleichgewichts eines einzelnen Radsatzes ist dabei die Kenntnis der durch den Rahmen übertragenen Längskräfte L notwendig, für das Gleichgewicht des ganzen Fahrzeugs brauchen wir sie nicht. Die Mittelachse kommt außerdem an der Außenschiene zum Anlaufen und kann wegen ihrer Verschieblichkeit auf den Rahmen keine Kräfte ausüben und umgekehrt. Berücksichtigt man all dieses, so hat man für die Achse 2 und den Rahmen folgende Gleichgewichtsbedingungen:

Achse 2.
1. $\mathfrak{K}_2 + K_2 + K_2' + L_2 + L_2' = 0$
2. $P_2 + \mathfrak{G}_2 + G_2 + G_2' = 0$
3. $\mathfrak{N}_{2z} + \mathfrak{J}_2 + N_2 + N_2' - 2\,Q = 0$
4. $- L_2'.s - K_2'.s = 0$
5. $(\mathfrak{N}_{2z} + \mathfrak{J}_2 + N_2).s - (P_2 + \mathfrak{G}_2).a - - Q.s = 0$

für die drei Radsätze zusammen und den Rahmen:
1. $\mathfrak{K}_1 + K_1 + K_1' + \mathfrak{K}_2 + K_2 + K_2' + \mathfrak{K}_3' + + K_3 + K_3' = 0$

*) Ztg. d. V. D. E. 1927, Seite 425.

3. $H_1 . l + (K_1 + \mathfrak{K}_1 - K_1' + \mathfrak{K}_2 + K_2 - K_2' - \mathfrak{K}_3' + K_3 - K_3') \frac{s}{2} = 0$

3. $H_1 - H_3 = 0$

Für die beiden Endachsen haben die Gleichungen dieselbe Form, wie sie auf Seite 167 und 168 angegeben wurden Für die Ermittlung des Widerstandes des ganzen Fahrzeugs lautet hier die Gleichung:

$$-(\mathfrak{N}_{1z}+\mathfrak{J}_1)\cdot b_1 - (\mathfrak{N}_{2z}+\mathfrak{J}_2)\cdot b_2 - (\mathfrak{N}_{3z}'+\mathfrak{J}_3')\cdot b_3' - (\mathfrak{K}_1+\mathfrak{K}_2+\mathfrak{K}_3')a + \mathfrak{M}_w = 0.$$

Die Lösung der Gleichungen hat in gleicher, auf Seite 168 besprochener Weise zu erfolgen. Bei der graphischen Bestimmung des für Gleichgewicht passenden c ist zu berücksichtigen, daß diesmal das Moment $H_2 . l_2$ herausfällt, weil die auftretenden G-Kräfte der zweiten Achse durch die Richtkraft P_2 unmittelbar ausgeglichen werden.

Für die zahlenmäßige Untersuchung sind die von c unabhängigen Werte wegen der gleichen Einstellung im Gleis dieselben wie beim vorhergehenden Beispiel, ebenso die Anlaufwinkel der einzelnen Achsen und mit ihnen die Vorverlagerung der Spurkranzdruckpunkte. Gleichgewicht erhält man, wenn die Höhenverlagerung der Rollachse $c = 0{,}962$ mm beträgt oder der Rollkreis einer jeden der drei Achsen von der Fahrzeuglängsachse den Abstand $\Delta R = 0{,}481$ m hat.

Wir erhalten nach Lösen der Gleichgewichtsbedingungen für die Auflagerdrücke und Seitenkräfte an den drei Radsätzen:

$\mathfrak{N}_1 = 0{,}645\ Q$ $\quad \mathfrak{N}_2 = 0{,}411\ Q$ $\quad \mathfrak{N}_3' = 0{,}533\ Q$

$N_1 = 0{,}601\ Q$ $\quad N_2 = 0{,}752\ Q$ $\quad N_3 = 0{,}953\ Q$

$N_1' = 0{,}953\ Q$ $\quad N_2' = 1{,}000\ Q$ $\quad N_3' = 0{,}735\ Q$

$H_1 = 0{,}111\ Q$ $\quad H_3 = 0{,}111\ Q,$

so daß sich als Richtkräfte ergeben $P_1 = 0{,}559\ Q$, $P_2 = 0{,}356\ Q$, $P_3' = 0{,}462\ Q$
und als Führungsdrücke $Y_1 = 0{,}351\ Q$, $Y_2 = 0{,}235\ Q$, $Y_3' = 0{,}289\ Q$.

In der Zusammenstellung 8 sind wie früher die Reibungskräfte und Gleitgeschwindigkeiten enthalten. Für den Widerstand des Fahrzeugs in der Krümmung erhält man aus den Momentengleichungen:

$$W = \frac{0{,}008213\ Q}{0{,}6} = 0{,}01369\ Q \quad \text{oder} \quad w = 2{,}28\ \text{kg/t}.$$

Die Reibungsleistung ist in den einzelnen Stützpunkten:

$\mathfrak{A}_1$	0,01040 Q
A_1	0,00474 Q
A_1'	0,00711 Q
$\mathfrak{A}_2$	0,00345 Q
A_2	0,00284 Q
A_2'	0,00208 Q
$\mathfrak{A}_3'$	0,00646 Q
A_3	0,00391 Q
A_3'	0,00192 Q

Das sind zusammen $N_R = 0{,}04291\ Q$ kgm/s.

Hieraus errechnet sich der Widerstand zu:

$$W = \frac{0{,}04291\ Q}{3{,}14159} = 0{,}01368\ Q \quad \text{oder} \quad w = 2{,}28\ \text{kg/t}.$$

Wir erkennen, daß sich hier bei geometrisch bedingter Einstellung des Fahrzeugs der Widerstand und die auftretenden Kräfte, die man bei Gleichgewicht des Fahrzeugs beim Durchlaufen einer Gleiskrümmung mit gekuppelten und ungekuppelten Achsen erhält, noch weniger voneinander unterscheiden als beim steifachsigen mit rein statischer Einstellung in der weiten Spur. Es darf somit gefolgert werden, daß es, wenn es sich um die Ermittlung der auf die Schienen wirkenden horizontalen Seitendrücke und des Widerstandes handelt, ziemlich gleichgültig ist, ob man mit gekuppelten Achsen rechnet oder nicht. Zur Erhärtung dieser Ansicht wäre es natürlich angezeigt, noch weitere Lokomotivtypen hieraufhin zu untersuchen.

Zusammenstellung 8.

Stützpunkte		$\mathfrak{A}_1$	A_1	A_1'	$\mathfrak{A}_2$	A_2	A_2'	$\mathfrak{A}_3'$	A_3	A_3'
K	Q	0,073	— 0,062	0,023	0,091	— 0,162	0,085	0,123	— 0,189	0,052
G	Q	— 0,072	— 0,137	— 0,237	— 0,024	— 0,097	— 0,235	0,026	0,147	0,177
$\mathfrak{J}$	Q	0,124	—	—	0,042	—	—	0,046	—	—
R	Q	0,161	0,150	0,238	0,103	0,188	0,25	0,133	0,238	0,184
v_x	m/s	0,0291	0,0129	0,0028	0,0291	0,0129	0,0028	0,0448	0,0129	0,0028
v_y	m/s	0,0288	0,0288	0,0288	0,0078	0,0078	0,0078	0,0101	0,0101	0,0101
v_z	m/s	0,0505	—	—	0,0135	—	—	0,0177	—	—
v_G	m/s	0,0646	0,0316	0,0289	0,0331	0,0151	0,0083	0,0486	0,0164	0,0105

Zusammenfassung.

Im Vorstehenden sind an Hand der räumlichen Gleichgewichtsbedingungen unter den früher gemachten, vereinfachenden Voraussetzungen die Kräftewirkungen zwischen Rad und Schiene beim Bogenlauf eines steifachsigen und eines krümmungsbeweglichen Fahrzeugs insbesondere für eine C-Lokomotive nachgewiesen. In besonderen Fällen können die errechneten Zahlenwerte mehr oder weniger Abweichungen von den wirklichen Verhältnissen zeitigen, je nachdem die gemachten Voraussetzungen erfüllt sind. Wir erkennen, daß, so lange die Achsen unverschieblich gelagert sind, das Gleichgewicht der nicht anlaufenden Achsen für sich ermittelt werden kann und die Momente aus den Wendekräftepaaren $\mathfrak{M}$ bei Ermittlung des Gleichgewichts des ganzen Fahrzeugs als äußere Momente und Kräfte zu behandeln sind. Im Falle an einigen Achsen seitliches Spiel an den Achsschenkeln vorhanden ist, können wir wieder das Gleichgewicht dieser verschieblichen Achsen für sich angeben und haben bei Bestimmung des Gleichgewichtszustandes des ganzen Fahrzeugs nur noch die Momente $\mathfrak{M}$ zu berücksichtigen.

Das gegebene Verfahren ist auch anwendbar zur Ermittlung der zwischen Rad und Schiene wirkenden Kräfte beim Durchlaufen einer Gleiskrümmung durch eine Lokomotive verwickelterer Bauart, nur hat man sich dabei zu vergegenwärtigen, daß diese Fahrzeuge aus mehreren Fahrgestellen bestehen, die für sich zu untersuchen sind. Durch Drehzapfen oder andere Hilfsmittel dabei übertragene Richtkräfte freilaufender hinterer Gestelle müssen dann in den Gleichgewichtsbedingungen der führenden Gestellfahrzeuge als äußere Kräfte berücksichtigt werden.

Bau und Betrieb neuer Verkehrswege lokaler Bedeutung.

Reichsbahndirektor Min.-Rat a. D. H. **Friedrich**, München.

Der technisch-wirtschaftliche Ausschuß der „Studiengesellschaft für Verkehrswege lokaler Bedeutung in Bayern“ hat eine Denkschrift über „Bau und Betrieb neuer Verkehrswege lokaler Bedeutung in Bayern“ herausgegeben. Die Schrift hat den Zweck, dem Rechtsausschuß der genannten Gesellschaft den Weg zu weisen, den er bei der geplanten

gesetzlichen Regelung des Verkehrswesens in Bayern zu beschreiten hat. Sie soll aber auch den für den Bau und Betrieb von Verkehrsverbindungen örtlich zuständigen Stellen und Körperschaften das allgemeine Rüstzeug liefern, damit sie ihrerseits für den gegebenen Einzelfall das richtige Verkehrsmittel finden.

Der wesentliche Inhalt der Denkschrift läßt sich etwa wie folgt zusammenfassen:

1. Teil: Die Lokalbahnen Bayerns. Zunächst wird ein Überblick gegeben über die bisherigen landesgesetzlichen Bestimmungen für untergeordnete Bahnen mehr oder weniger örtlicher Bedeutung (zunächst Vizinal-, Sekundär-, später allgemein Lokalbahnen genannt). Der Bau und Betrieb dieser Bahnen lag seit der Neuregelung des Lokalbahnwesens im Jahre 1882 fast ganz in der Hand des bayerischen Staates. Eine Bauwürdigkeit solcher Nebenbahnen untergeordneter Verkehrsbedeutung war in der Regel nur dann gegeben, wenn im voraus auf möglichste Einfachheit in der baulichen Anlage und auf einen sparsamen Betrieb Bedacht genommen und die Linienführung den örtlichen Verhältnissen weitgehend angepaßt wurde. Dabei bildete die Ausführung kurzer, von den Hauptbahnen abzweigender Sackbahnen die Regel, ebenso wie fast ausnahmslos die Wahl der Vollspur. Die durch die Bahnordnung für die Nebeneisenbahnen Bayerns vorgeschriebenen Grundsätze für die Betriebsführung gipfelten in der Hauptsache gleichfalls in tunlichster Sparsamkeit. Diesem Ziele diente die Anwendung einer verminderten Fahrgeschwindigkeit, Verzicht auf Bewachung der Wegübergänge, Verwendung leichten Oberbaues und Fahrmaterials, möglichst einfache Gestaltung des Stations- und Bahnbewachungsdienstes sowie eine weitgehende Heranziehung des Zugpersonals zur Beihilfe im Gesamtdienst der Lokalbahn. Eine wesentliche Vereinfachung des Stationsdienstes wurde auch durch die Aufstellung von Bahnagenten erzielt.

Nach solchen einheitlichen Grundsätzen und Richtlinien waren in Bayern bis Kriegsbeginn 143 staatliche Lokalbahnen mit einer Gesamtlänge von 3170 km gebaut mit einem Gesamtaufwand von 253 Millionen Mark, das ist rund 79000 RM/km. Im Durchschnitt rentierten die bayerischen Lokalbahnen rechts des Rheines mit rund 3%, die pfälzischen mit rund 4,5%, wobei allerdings überall Entfernungszuschläge so lange erhoben wurden, bis feststand, daß die einzelne Lokalbahn auch ohne Zuschlag dauernd keine Betriebsausfälle aufweisen würde. Nach dem Übergang der Ländereisenbahnen auf das Reich sind diese Entfernungszuschläge in Wegfall gekommen.

Die Zukunftspläne für den Ausbau des bayerischen Bahnnetzes, wie sie kurz vor der Verreichlichung der Ländereisenbahnen im Jahre 1920 in einer Denkschrift an den bayerischen Landtag niedergelegt waren (61 neue Bahnen mit rund 1200 km Gesamtlänge), sind aus einer der Denkschrift anliegenden Karte ersichtlich.

Im 2. Teil werden die für den Kleinbahnbau und -betrieb in anderen Ländern eingeschlagenen Wege und die dort maßgebenden Grundsätze erörtert.

a) In Preußen gab insbesondere das Kleinbahngesetz vom Jahre 1892 den Anstoß zu einer mächtigen Entwicklung des dortigen Kleinbahn- und Nebenbahnnetzes, wobei — im Gegensatz zu Bayern — der Bau und Betrieb solcher Bahnen der Privatinitiative überlassen ist. Dadurch entstand ein Kleinbahnnetz, das der technischen Einheitlichkeit ermangelt. Abgesehen von der Vollspur finden sich sechs verschiedene Spurweiten von 60 bis 90 cm, was vor allem für den Wagenübergang und für die Ausbildung des rollenden Materials Nachteile mit sich bringt. Die maßgebendsten Grundsätze für die Anlage- und Betriebsverhältnisse der preußischen Kleinbahnen (Linienführung, Trassierungselemente, Unter- und Oberbau, Bahnhöfe, Betrieb und Betriebsmittel) werden dargelegt.

b) Schweiz. Die Eidgenossenschaft gewährte für den Bau von Nebenbahnen mit örtlicher Bedeutung im allgemeinen keine Unterstützung, doch sind die Kantone dazu berechtigt. Bei dem gebirgigen Gelände ersetzt die Schmalspur vielfach die Vollspur. 1911 bestanden einschließlich der Straßen-, Zahnrad- und Drahtseilstandbahnen 146 schmalspurige Kleinbahnen mit 1691 km Betriebslänge. Die Schmalspur beträgt fast durchweg 1 m, was für den mehr und mehr vor sich gehenden Zusammenschluß einzelner Bahnen von größter Bedeutung ist. Eine Zusammenstellung bringt einen Überblick über Kosten, Verkehrsgrößen und Rentabilität schweizerischer Schmalspur-, Gebirgs- und Touristenbahnen. Das immer noch zunehmende und sich zusammenschließende Kleinbahnnetz der Schweiz kann in mancher Hinsicht richtunggebend sein für die künftige Erschließung der bayerischen Alpen für den Fremdenverkehr.

c) Ehemalige Donaumonarchi. In Österreich nahmen zunächst die einzelnen Länder den Kleinbahnbau selbst in die Hand. Erst 1894 wurde für die ganze Monarchie ein Gesetz geschaffen, das zum erstenmal die Lokalbahnen von den Kleinbahnen trennte und die Regierung ermächtigte, sich an der Kapitalbeschaffung für solche Bahnen zu beteiligen. Derzeit ist das Gesetz vom Jahre 1910 in Kraft. In Ungarn finden wir im Gesetz vom Jahre 1888 eine starke Förderung des Kleinbahnbaues. In Bosnien und der Herzogowina hat sich schon frühzeitig aus ehemaligen Militäreisenbahnen ein großes Schmalspurnetz (76 cm) entwickelt. In diesen Gebirgsländern hat sich die Schmalspur so gut bewährt, daß sie auch für die Hauptverkehrsadern des Landes angeordnet wurde. Auch in Serbien fand das Beispiel Nachahmung, so daß das heutige Jugoslavien ein einheitliches Schmalspurnetz von rund 3060 km besitzt.

d) Sachsen. Auch hier wurden, wie in Bayern, die Bahnen niederer Ordnung im großen ganzen vom Staate selbst gebaut und betrieben und zwar ohne finanzielle Beihilfe der Verkehrsinteressenten. Dabei wurden die Vorteile der 75 cm-Spur für die Erschließung schwer zugänglicher und verkehrsarmer Gebiete schon frühzeitig erkannt und im Jahre 1878 diese Spur als Einheitsschmalspur festgelegt. So entwickelte sich bis 1913 ein vielfach zusammenhängendes Schmalspurnetz von 511 km Länge neben 1031 km vollspuriger Nebenbahnen. Beide Bahnarten haben durchgehende Tarifierung. Für den Übergang der Vollspurwagen gelangten gefederte, vierachsige Rollschemelwagen zur Anwendung.

e) Belgien. Das bedeutendste europäische Kleinbahnnetz (Spur 1 m) besitzt bekanntlich Belgien. Dieses Netz ist nach vollkommen einheitlichen Grundsätzen gebaut und umfaßte im Jahre 1925 wie das Vollspurbahnnetz rund 5000 km. Eine besondere Übersicht unterrichtet über die Dichte des belgischen Kleinbahnnetzes im Vergleich zu Preußen und Bayern. Der vielseitige Netzzusammenhang zeitigt einen lebhaften Übergangs- und Durchgangsverkehr der Schmalspurfahrzeuge und läßt die Nachteile von Schmalspurbahnen ohne Rollschemelverkehr wenig in die Erscheinung treten. Aus einer besonderen Beilage sind die Baukosten und die Rentabilität der belgischen Kleinbahnen ersichtlich.

Der 3. Teil der Denkschrift befaßt sich kurz mit dem Kraftwagen als privates und öffentliches Verkehrsmittel in Bayern und in anderen Ländern. Die bisherige Entwicklung in anderen Ländern läßt darauf schließen, daß auch bei uns für die nächsten Jahre eine Zunahme der deutschen Kraftfahrzeuge von etwa 20 bis 25% im Jahr eintreten wird. Vor allem verdient der umfangreiche freizügige Kraftwagenverkehr die größte Beachtung, da er weit mehr als die Kraftwagenlinie den Eisenbahnen schon

großen Abbruch getan hat. Von den Kraftwagenlinien haben sich bis zum Jahre 1928 in Bayern die Kraftpostlinien zu einem Netz von etwa 6300 km entwickelt. Nur auf fünf Linien der Postverwaltung wird ein Güterverkehr mit Lastkraftwagen unterhalten. Das Rückgrat des Kraftpostwesens bildet demnach der Personenverkehr. Bei einigermaßen lebhaftem Güterverkehr wird von der Postverwaltung selbst die Eisenbahn als das gegebene Verkehrsmittel bezeichnet.

Der deutsche Eisenbahnkraftwagenverkehr hatte bis Ende 1927 61 Linien im Betrieb, davon 22 für reinen Personenverkehr (300 km), 37 für reinen Güterverkehr (1343 km) und zwei für gemischten Verkehr (15 km).

4. Teil. Eisenbahn und Kraftwagen als künftige Verkehrsmittel für die Verkehrswege von lokaler Bedeutung.

a) Die vollspurige Lokalbahn großer Leistungsfähigkeit wird, wie die Denkschrift ausführt, künftig nur mehr in Ausnahmefällen in Betracht kommen und im allgemeinen nur dann wirtschaftlich sein, wenn Betrieb und bauliche Ausgestaltung noch weiter vereinfacht werden und höhere Tarife zur Anwendung kommen. Die hierbei einzuschlagenden Wege werden grundsätzlich behandelt, wobei die Frage der Tarifbildung des näheren erörtert wird. Den Tarifen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft im Güterverkehr werden die Selbstkosten des Lastkraftwagens gegenübergestellt und daraus auf die wirtschaftliche Grenze zwischen beiden Beförderungsarten geschlossen. Dabei fällt die Bemessung der Rollgebühren wesentlich ins Gewicht. Den Beförderungskosten der Lokalbahn werden jene einer Kraftwagenlinie, die als Ersatz für sie gedacht ist, tabellarisch gegenübergestellt und zwar mit und ohne Rollgebühr bzw. durchgehender Bahnabfertigung. Aus den Tabellen ergibt sich, daß die Tarife (samt halben Abfertigungsgebühren) künftiger Lokalbahnen gegenüber den normalen Reichsbahntarifen beträchtlich, bei den Ausnahmetarifen sogar um das Vielfache erhöht werden können, ohne daß zu befürchten ist, daß eine Kraftwagenlinie der Lokalbahn den Verkehr entziehen könnte. Hiernach wird der Kraftwagen die noch geplanten Lokalbahnen nicht ersetzen können, weil er zu ähnlichen Preisen wie die Lokalbahn nur hochwertige Güter auf geringe Entfernungen, nicht aber auch die Massengüter auf größere Entfernung befördern kann. Die Kraftwagenlinie wäre sonach nur dort vorzusehen, wo eine Lokalbahn wegen allzu geringen Verkehrs nicht erbaut werden kann, ferner wo es sich um einen mäßigen Personenverkehr oder um reinen Stückgüterverkehr handelt.

b) Die Schmalspurbahn. Erscheint eine vollspurige Lokalbahn nach obigem nicht bauwürdig, so ist zu prüfen, ob nicht eine Schmalspurbahn am Platze ist. Die Denkschrift widmet dem Problem der Schmalspurbahnen eingehende Untersuchungen und Betrachtungen. Es werden die Vorteile und Nachteile solcher Bahnsysteme eingehend besprochen und die Gründe für den vielfachen Wandel der Meinungen über den Wert der Schmalspurbahnen angeführt. Nach dem heutigen Stande der Technik, insbesondere des Baues der Schmalspurlokomotiven und Rollschemelwagen, ergibt sich, daß für schwachen Verkehr Schmalspurbahnen wegen ihrer niedrigen Baukosten den Vollspurbahnen überlegen sind, wenn der Übergangsverkehr vollspuriger Güterwagen nur gering ist, oder wenn beim Rollschemelverkehr nur wenige der kostspieligen und schweren Schemelwagen zu beschaffen und mitzubefördern sind.

Das Maß der Spurweite wechselt für Neben- und Kleinbahnen im wesentlichen zwischen 1 m, 75 cm und 60 cm. Die Baukosten verhalten sich zu denen der vollspurigen Nebenbahnen im großen Durchschnitt etwa wie 0,8:0,6:0,5:1. Was die Erschließungsmöglichkeit betrifft, so ist die Schmalspur in schwierigem Gelände der Vollspur überlegen. Bei richtiger Ausnützung aller in der Schmalspur liegenden technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten lassen sich die Kosten der Schmalspur bis zur Hälfte der Vollspur ermäßigen. Bemerkenswert sind die hohen Verkehrsleistungen bestehender Schmalspurbahnen, insbesondere auch bezüglich des direkten Übergangsverkehrs. Hier hat sich an Stelle der unvollkommenen Rollböcke die Einführung von Rollschemelwagen neuester Bauart aufs beste bewährt. Ein Vergleich der Ersparnisse an Baukosten mit den Mehrausgaben für Rollschemelwagen ergibt, daß bei geringem Übergangsverkehr die Schmalspur mit wenig Rollschemeln günstiger sein kann. Sind aber für den Übergang von Vollspurgüterwagen Rollschemel in großer Zahl nötig, so werden bei der Schmalspurbahn die Einsparungen an den Baukosten durch die höheren Beschaffungskosten für das Fahrmaterial sowie durch die höheren Betriebskosten (Totgewicht, Gleisunterhaltung) großenteils wieder aufgezehrt.

Nach alledem ist die Frage, ob eine vollspurige oder schmalspurige Bahn zu wählen ist, nur dadurch verläßlich zu entscheiden, daß für beide Fälle an Hand von Entwürfen Wirtschaftlichkeitsberechnungen aufgestellt werden.

Die Denkschrift faßt das Ergebnis der Betrachtungen zur Spurweitenfrage dahin zusammen, daß die Vorteile der 75 cm-Spur so bedeutend seien, daß sie als Einheitsschmalspur für etwa künftig in Bayern zu erbauende Schmalspurbahnen vorgesehen werden sollte, während die 1 m-Spur nur ausnahmsweise in besonders begründeten Fällen in Aussicht zu nehmen wäre. Schließlich werden noch die Grundsätze für den Bau und Betrieb von Einheitsschmalspurbahnen bezüglich Linienführung, Unter- und Oberbau, der sonstigen Bahnausrüstungen sowie der Fahrbetriebsmittel im einzelnen aufgeführt und die in betrieblicher und tarifarischer Hinsicht in Betracht kommenden Maßnahmen für eine wirtschaftliche Betriebsführung erwähnt.

c) Der Kraftwagen kommt nur für die Erschließung jener Gebiete in Betracht, deren Verkehr selbst für eine Schmalspurbahn noch zu gering ist. Für die Einrichtung von öffentlichen Kraftwagenlinien für örtliche Zwecke wird der Neubau eigener Kraftwagenstraßen nur ganz ausnahmsweise in Frage kommen können.

Die Denkschrift befaßt sich dann des näheren mit der Frage der Wirtschaftlichkeit der Kraftwagenlinien, den Betriebsmitteln, der Ausstattung und Betriebsweise und schließlich mit den Tarifen der Kraftwagenlinien. Im Einzelfalle kann wie bei der Eisenbahn nur eine Ertragsberechnung entscheiden.

Im 5. Teil zieht die Denkschrift aus dem Vorhergehenden die Schlußfolgerungen über die Anwendung der Vollspur, der Schmalspur oder des Kraftwagens beim weiteren Ausbau des bayerischen Verkehrsnetzes lokaler Bedeutung. An einigen, der Praxis entnommenen und durchgerechneten Beispielen wird gezeigt, wie für jedes Verkehrsgebiet das geeignete Verkehrsmittel durch einfache Ertragsberechnungen ermittelt werden kann, wobei nach Verkehrsstärken getrennt wird. Auch diese Einzelrechnungen bestätigen, daß unter den heutigen Verhältnissen vollspurige Lokalbahnen nach der in Bayern bisher üblichen guten Ausstattung wohl nur mehr bauwürdig sein werden, wenn besonders große Verkehrsbedürfnisse zu befriedigen sind, oder wenn verhältnismäßig kleine Zwischenstücke zum Zusammenschluß vorhandener Sackbahnen oder kurze Verlängerungen bestehender Lokalbahnen in Betracht kommen. Die meisten der früher geplanten Verkehrsverbindungen örtlichen Charakters werden höchstens Aussicht haben, als vollspurige Kleinbahnen einfachster Ausrüstung oder als

Schmalspurbahnen verwirklicht zu werden, wenn nicht letztlich beim Vorhandensein entsprechender Straßen die öffentliche Kraftwagenlinie als das noch allein wirtschaftlich befriedigende Verkehrsmittel zu wählen ist. Für noch bestehende Eisenbahnwüsten mit ganz schwachem Verkehr, z. B. für die großen, dünn bevölkerten Gebiete des Bayerischen Waldes, des Spessarts und der Rhön usw. dürften jeweils Schmalspurbahnen der 75 cm-Spur, namentlich als Waldbahnen für die Holzabfuhr dann von besonderem Vorteil und bauwürdig sein, wenn sie sich zu einheitlich verwalteten und betriebenen Schmalspurnetzen zusammenschließen lassen; das gleiche gilt für die weitere Erschließung des bayerischen Hochlandes durch Hochgebirgsbahnen (Bergbahnen, Alpenquerbahnen usw.) zur Förderung des bayerischen Fremdenverkehrs und zur wirtschaftlichen Hebung der dortigen Gegenden.

Maßnahmen zur Vermeidung von Heizanständen bei Zügen beim Übergang von elektrischer Heizung auf Dampfheizung.

Von Hofrat Ingenieur **Ernst Kühnelt,** Abteilungsvorstand der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen Wien.

In den letzten Jahren ist auf den elektrisch betriebenen Strecken des internationalen Verkehrs die elektrische Beheizung der Personen-, Schnell- und D-Züge mehr und mehr eingeführt und von der Führung von eigenen Heizkesselwagen immer mehr abgegangen worden. Die Vorteile der elektrischen Heizung liegen nicht nur in der Bequemlichkeit der Reisenden, weil ein Einfrieren der Heizung ausgeschlossen ist, sondern sie sind auch für die Bahnen von wirtschaftlicher Bedeutung. Die Fahrleitung wird den Rauchgasen der Heizkesselwagen nicht mehr ausgesetzt und die Zuglasten und Personalkosten werden durch Wegfall der schweren Heizkesselwagen geringer.

Auf Strecken, welche zum Teil mit Dampf, zum Teil mit elektrischer Kraft betrieben werden, müssen Wagen verwendet werden, welche beide Heizungseinrichtungen besitzen und in den Bahnhöfen, in welchen der Wechsel der Dampfzugförderung auf elektrische Zugförderung oder umgekehrt erfolgt, muß auch die Zugbeheizung von Dampfheizung auf elektrische Heizung und umgekehrt umgestellt werden.

Diese Umstellung der Zugheizung hat auf den Linien der Österreichischen Bundesbahnen im heurigen Winter sehr große Anstände in der Zugbeheizung hervorgerufen.

Nach Abschaltung der Dampfheiznng im Bahnhof des Zugförderungswechsels von Dampfbeförderung auf elektrische Beförderung sind die Dampfheizeinrichtungen der Wagen auf den nachfolgenden Strecken mit elektrischer Zugförderung und elektrischer Zugheizung vielfach eingefroren und mußten in jenem Bahnhof auf der weiteren Fahrt, in welchem wieder der Wechsel auf Dampfbeförderung und Dampfheizung erfolgte, erst aufgetaut werden. Durch das Auftauen und Abwarten des Dampfaustrittes beim Schlußwagen wurden in diesen Bahnhöfen selbstverständlich große Verspätungen gemacht.

Die Österreichischen Bundesbahnen haben diese Schwierigkeiten im Verkehr München—Wien in Salzburg, im Verkehr Frankreich—Basel—Buchs—Wien in Saalfelden und im Verkehr München—Innsbruck—Brenner—Italien in Brenner zu spüren bekommen.

Im Verkehr München—Wien werden die durchgehenden Züge ab München elektrisch geheizt. Die Wagen der Garnitur ab München stammen zum Teil aus Zügen, die mit Dampf geheizt in München anlangten, zum Teil aus Wagen, welche von Wien mit dem Gegenzug in München anlangten und deren Dampfheizeinrichtungen auf der Strecke Salzburg—München zum Teil einfroren.

Im Verkehr München—Wien kamen die durchgehenden Wagen in Salzburg mit vollständig eingefrorenen Heizungen an, so daß diese aufgetaut werden mußten. Die Züge erlitten dadurch in Salzburg sehr große Verspätungen, bis zu einer Stunde und mehr, und es dauerte lange Zeit bis die Dampfheizung ab Salzburg entsprechend wirksam wurde.

Im Verkehr Frankreich—Schweiz—Buchs—Wien ist die Lage ähnlich. Die in Betracht kommenden Zügen laufen von Frankreich, wo mit Dampf geheizt wird, wechselten in Basel die Heizung, fuhren von Basel bis Saalfelden mit elektrischer Heizung und in Saalfelden kamen sie mit gänzlich eingefrorenen Dampfheizeinrichtungen an. Da die Aufenthalte in Saalfelden bei diesen Zügen durch das Auftauen und Warten des Dampfaustrittes beim Schlußwagen sehr stark überschritten wurden — es wurden Verspätungen bis zu $1^1/_2$ Stunden gemacht — wurde bei einigen Zügen von Innsbruck nach Saalfelden ein Heizkesselwagen mitgeführt, welcher die Aufgabe hatte, die Dampfheizung des Zuges während der Fahrt durch Dampfeinwirkung aufzutauen, während gleichzeitig die Wagen elektrisch geheizt wurden.

Aber auch dieses Auskunftsmittel erfüllte den Zweck nicht vollständig, es wurden noch immer Zugverspätungen sowohl in Innsbruck als auch in Saalfelden hervorgerufen, welche derart waren, daß sie den regelmäßigen Verkehr stark behinderten.

Im Verkehr München—Kufstein—Innsbruck—Brenner—Italien waren die Verhältnisse gleichartig und langten die Züge in der Richtung von Norden am Brenner mit eingefrorenen Dampfheizleitungen ein.

Zur Behebung dieser Mißstände hat die Ö. B. B. nach Einvernehmen mit den an diesen Läufen beteiligten Bahnverwaltungen (D. R. G., S. B. B. und F. S.) den Versuch gemacht, die Dampfheizleitungen der Wagen beim Übergang auf die elektrische Heizung mit Druckluft auszublasen.

Solche Versuche wurden zuerst in Wien-Westbahnhof an ankommenden, mit Dampf geheizten Zügen gleich nach der Einfahrt vorgenommen, wobei festgestellt wurde, daß die Spannung der Druckluft der Druckluftbremseinrichtung der Lokomotive ausreichte, daß nach ganz kurzer Dauer des Durchblasens zuerst Wasser und schließlich trockene Luft beim Schlußhahn der Heizleitung des letzten Wagens austrat.

Beim Durchblasen der Dampfheizleitung mit Druckluft wird folgender Vorgang eingehalten:

Zum Durchblasen werden Lokomotiven mit Druckluftbremse verwendet. Vor Ankunft des Zuges in dem Bahnhofe, ab welchem der Wechsel der Heizungsart eintritt, sind vor allem die Abteilstellhebel der Wagen mit Hochdruckheizung und die Zentralhebel der Wagen mit Niederdruckheizung in die „Kalt"-Stellung zu bringen.

Bei der zum Durchblasen bestimmten Lokomotive (Zug- oder für diesen Zweck besonders bestimmte Lokomotive) sind rechtzeitig

1. die Druckluftbehälter aufzufüllen,
2. durch geeignete Schlauchverbindungen mittels Zwischenstückes die Verbindung zwischen der Druckluftbremse der Lokomotive und der Hauptdampfheizleitung des Wagenzuges herzustellen,

sodann ist

3. mittels Schnellbremsung Druckluft mit einer Spannung von etwa 5 at durch die Hauptdampfleitung des



Wagenzuges zu pressen, so daß noch vorhandener Dampf und Niederschlagwasser beim geöffneten Abschlußstück der Heizleitung des letzten Wagens ins Freie gelangen.

Der unter 3. genannte Vorgang ist unter zwangläufiger Vornahme des unter 1. angeführten so oft zu wiederholen, bis beim Abschlußstück der Dampfheizleitung des letzten Wagens nur mehr trockene Druckluft austritt und somit auf eine ausreichende Entwässerung des Wagenzuges geschlossen werden kann.

Während der ersten Zeit des Durchblasens sind die Entwässerungsventile der Dampfheizkupplungsschläuche mit dem Löffelstab der Reihe nach wiederholt zu bedienen, damit das Niederschlagwasser auf diese Art ins Freie gelangt und nicht durch die Dampfheizleitung der nachfolgenden Wagen durchgepresst werden muß. Die Entleerung der Hauptdampfheizleitung des Zuges vom Dampf und Niederschlagwasser wird dadurch beschleunigt.

Später hat sich gezeigt, daß das Durchblasen der Dampfheizleitungen der Zuggarnituren wegen der Undichtheiten der Heizkupplungen vorteilhaft nicht auf einmal erfolgt, sondern daß das Durchblasen der Zuggarnituren in Absätzen vorzunehmen ist, derart, daß immer vier bis fünf vierachsige Wagen als Gruppe für sich durchgeblasen werden und daß nach Durchblasen der ersten Gruppe die zweite Gruppe von vier bis fünf Wagen angeschlossen und durchgeblasen wird. Nachdem die Versuche in Wien Westbahnhof gezeigt haben, daß der Gedanke des Durchblasens der Dampfheizleitungen mit Druckluft durchführbar ist, wurde mit den in Betracht kommenden Zentralstellen der beteiligten Bahnverwaltungen die nötigen Vereinbarungen getroffen, damit dieses Durchblasen in den geeigneten Bahnhöfen bei den durchgehenden Zügen beider Richtungen, zunächst versuchsweise, durchgeführt wurde.

In den eingangs angeführten Verkehren wurde sodann im Einvernehmen mit den beteiligten Bahnverwaltungen das Durchblasen der Dampfheizleitungen folgendermaßen geregelt. In der Richtung Wien—München wird bis Salzburg mit Dampf geheizt, daher sofort nach Ankunft des Zuges in Salzburg die Dampfheizleitung der nach Deutschland übergehenden Wagen durchgeblasen. In der Richtung München—Wien wird das Durchblasen in München durchgeführt. In der Richtung Wien—Innsbruck—Buchs—Schweiz—Frankreich werden die Züge bis Saalfelden mit Dampf geheizt, daher in Saalfelden sofort nach Ankunft durchgeblasen. In der Richtung Frankreich—Schweiz—Österreich erfolgt das Durchblasen in Basel, weil bis Basel mit Dampf geheizt wird. In der Richtung Italien—Brenner—Innsbruck—Kufstein—München wird am Brenner durchgeblasen, da bis Brenner mit Dampf geheizt wird. In der Richtung München—Kufstein—Innsbruck—Brenner—Italien werden die Züge in München durchgeblasen.

Der Erfolg dieser im Einvernehmen mit den beteiligten Bahnen getroffenen Maßnahme war ein durchschlagender.

Nach Überwindung einiger Anfangsschwierigkeiten wurde bereits nach kurzer Zeit festgestellt, dass in jenen Bahnhöfen, bis zu welchen die elektrische Heizung benützt wurde und ab welchen die Dampfheizung in Tätigkeit gesetzt wurde, die Dampfheizleitungen der Wagen vollkommen eisfrei waren, der Dampf daher rasch durchging und beim Schlusswechsel des Zuges austrat. Ein Auftauen der Heizleitungen war, wenigstens in den für die Österreichischen Bundesbahnen hierfür in Betracht kommenden Bahnhöfen nicht mehr nötig, die Züge machten keinerlei auf die Dampfheizung zurückzuführenden Verspätungen mehr.

Wenn noch berücksichtigt wird, dass seit Ausübung dieser Maßnahmen in den Bahnhöfen Temperaturen von —30° bis —40° C herrschten, so ist der Beweis erbracht worden, daß diese Maßnahme, aus der Not der Zeit geboren, voll wirksam war.

Das Durchblasen der Heizleitung mit Druckluft wird sich jedoch nicht nur betrieblich vorteilhaft erweisen, es werden zweifelsohne auch Beschädigungen an den Dampfheizeinrichtungen der Wagen, welche durch das Auftauen und die damit verbundenen Manipulationen verursacht werden, vermieden bleiben. Das Ausblasen der Dampfheizleitung hat somit nicht nur für den heurigen Winter als Versuchsmaßnahme großen betrieblichen und wirtschaftlichen Wert gehabt, es ist auch eine Gewähr dafür, daß im kommenden Winter von vornherein damit gerechnet werden kann, daß die zu Ende des Jahres 1928 aufgetretenen Anstände mit der Dampfheizung in den Bahnhöfen, in welchen der Wechsel von elektrischer Heizung auf Dampfheizung vorgenommen wird, nicht mehr eintreten werden.

Verbesserungen an den Türschlössern der Wagen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Hierzu Tafel 8.

1. Neues Eingangstürschloß an den Personenwagen mit selbsttätig doppelt einschießendem Sicherheits-Fallenriegel der Bauart Kiekert.

Der doppelte Verschluß besteht bei den bisherigen Schlössern aus einem Drehriegel und einer von diesem abhängigen Falle, bei dem neuen Schloß aus einem einzigen zweistufigen Sicherheits-Fallenriegel.

Bei geöffneter Tür steht nur die erste Stufe (Tour), die wie eine Falle wirkt, vor der Schloßstulpe vor, während die zweite, die wie ein Riegel wirkt, durch eine Sperrvorrichtung im Schloßkasten zurückgehalten wird (Abb. 1, Taf. 8). Beim Schließen der Tür wird der Fallenriegel durch Anstoßen am Schließblech soweit in den Schloßkasten hineingeschoben, daß er im letzten Augenblick gegen den Nußflügel A drückt und dadurch den andern Nußflügel B von der Sperrklinke (Abb. 2) etwas abhebt, so daß sich diese Teile beim Drehen der Sperrklinke nicht aneinander reiben (Abb. 3). Sobald die Tür soweit geschlossen ist, daß der Fallenkopf gegen die schräge Fangfläche C des Schließbleches stoßen kann, hat die Sperrklinke beinahe die Stellung nach Abb. 6 erreicht und dadurch die Drückernuß freigegeben. Hierdurch kann außer der Fallenfeder auch die bedeutend stärkere Drückerfeder wirken und die Drückernuß drehen. Hierdurch drückt der Nußflügel A derart stark gegen den Riegelkopf, daß dieser durch die schräge Fangfläche C im Schließblech die Tür anzieht und bis zur vollständigen Verschlußstellung in das Schließblech eingreift, selbst wenn hierbei Reibung auftritt (Abb. 4 und 5). In der Verschlußstellung wird der Fallenriegel durch den Nußflügel A gesperrt (Abb. 5). Sobald also die mit der Drückernuß verbundenen Drücker die Verschlußstellung erreicht haben, ist nicht allein der Riegel, sondern auch die Falle zuverlässig verschlossen (Abb. 5). Bei der früheren Bauart öffnete sich unerwartet häufig die Tür schon, sobald der Einreiber aus dem Schließblech herausgedreht war, weil die Falle beim Schließen der Tür nicht eingeschnappt war. Beim Öffnen der Tür muß die Drückernuß durch den Drücker zunächst aus der Sperrstellung nach Abb. 6 um 35 Grad gedreht werden, bevor sich der Nußflügel A gegen den Ansatz D des Fallenriegels legt. Der Fallenriegel wird also erst bei der weiteren Drehbewegung geöffnet (Abb. 8). Bei den bisherigen Schlössern ist der Drehriegel (Einreiber) bei einer Drehbewegung von 45 Grad schon ungefähr aus der Schließblechöffnung herausbewegt. Das

neue Schloß bietet also auch in dieser Hinsicht eine große Sicherheit gegen ein unbeabsichtigtes Öffnen der Tür. Die starke Drückerfeder kann auf den Fallenriegel zunächst nicht einwirken, wenn dieser durch das Schließen der Tür aus der Stellung nach Abb. 2 in diejenige nach Abb. 4 zurückgedrückt wird, ferner ist in Anbetracht der noch vorhandenen zweiten Riegelstufe der Fallenweg kurz. Infolgedessen können die schrägen Anlaufflächen am Fallenkopf und Schließblech schwach ansteigend ausgebildet sein. Dadurch gleitet der Fallenkopf ohne starke Reibung leicht in die Schließlage. Trotzdem wird aber schon durch das Einschnappen des Fallenkopfes in das Schließblech die Türe verschlossen, wenn ausnahmsweise die Drückernuß durch irgend einen Umstand nicht freigegeben und dadurch die Riegelstufe gehindert wird, einzuschnappen. Die Sicherheit des Verschlusses ist dann allerdings geringer, als nach dem vollständigen Vorbewegen des Sicherheits-Fallenriegels. Die Riegelbewegung kann, wie bei jedem selbsttätigen Schloß, dann versagen, wenn der Anschlag E für die Sperrklinke am Schließblech so kurz ist, daß die Sperrklinke zwar die Nuß gerade noch freigibt, wenn die Tür zugeworfen wird, dagegen bei einem langsamen Zudrücken der Tür nicht genügend weit bewegt wird. Der Anschlag E muß daher so lang sein, daß die Sperrklinke ungefähr 3 mm weiter gedreht wird, als zum Freigeben des Nußflügels B nötig ist. Da sich der Fallenriegel und die Sperrklinke in wagerechter Ebene bewegen, so kann sich die Tür mehrere Millimeter senken, ohne daß die Sicherheit des Verschlusses dadurch leidet.

Der Sicherheits-Fallenriegel, die Sperrklinke und der Nachtriegel schließen die Öffnungen in der Schloßstulpe vollständig. Viele Schlösser haben kleinere oder größere Öffnungen in der Stulpe, durch die Regenwasser, Schnee und Staub bei geöffneter Tür und während der Fahrt auch bei geschlossener Tür in den Schloßkasten und die Türsäule gelangen. Die Anliege- und Gleitflächen des Fallenriegels im Schloßkasten zwischen den Decken und Leisten und im Schließblech sind so groß, daß die Reibung und Abnutzung sehr gering ist.

Bei dem bisherigen selbsttätig schließenden Eingangstürschloß ist die Drückerfeder in einem Gehäuse am inneren Drückerschild auf dem Drückerdorn angeordnet. Es war ein Mangel, daß diese Feder erst mit dem inneren Drückerschild eingebaut und richtig gespannt werden konnte. Dies erfordert große Sachkenntnis; auch brechen die Federn beim Einbau häufig, besonders wenn das Schild in falscher Richtung gedreht wird. Außerdem beansprucht das Schild mit Federgehäuse viel Raum. Das neue Eingangstürschloß beseitigt auch diese Mängel vollkommen. Als Drückerfeder wird hierbei eine im Schloßkasten angeordnete Schraubenfeder verwendet, die mit der richtigen Spannkraft eingesetzt wird. Brüche, die bei dieser auf Druck beanspruchten Schraubenfeder äußerst selten vorkommen, führen noch nicht zum vollständigen Erlahmen der Federn, da sich die gebrochenen Enden gegen die nächsten Gänge stützen. Die Federn erhalten eine sehr lange Vorspannung, wodurch der Gang des Schlosses schwungvoll und gleichmäßig wird. Beide Drückerhälse sind so lang, daß sie sich beim Anziehen der Befestigungsmutter gegen die Schloßnuß stützen. Hierdurch lassen sich die Drücker sehr dauerhaft befestigen und genau einpressen.

2. Doppelstiftdrückerverbindung für Personenwagentüren.

Bei dieser Befestigungsart ist der Außendrücker a (siehe Abb. 9) mit zwei $8\frac{1}{2}$ mm starken runden Stahldornen b fest verschraubt. Beide Stahldorne werden beim Anbringen der Drücker durch runde Löcher in der Drückernuß c bis in die Führung des anderseitigen Innendrückers d gesteckt und in diesem mit einer konischen Schraube e befestigt. Letztere wird durch eine zweite Abdeckschraube f gesichert. Ein Lockern dieser Verbindung ist kaum denkbar, da die beiden Stahldorne in der Führung des Innendrückers durch die konische Schraube gegen die Wandungen der Löcher gepreßt werden. Durch das Auseinanderpressen der Stahlstifte gegen die Außenwandung der Löcher, die zur Mitte der Schloßnuß exzentrisch angeordnet sind, wird jedes etwa noch vorhandene Spiel ausgeschaltet.

Auch ein Verdrehen der beiden Stahlstifte ist unmöglich. Denn beide Drückerführungen legen sich bei g fest gegen die Schloßnuß, wodurch die Stahlstifte beim Betätigen der Drücker lediglich auf Abscheren beansprucht werden. Die exzentrische Anordnung der Stiftlöcher wirkt hierbei günstig.

3. Bremserhaustürverschluß für Güterwagen.

An den Bremserhaustüren aller neuen Güterwagen der D.R.G. und als Ersatz beschädigter Türschlösser an vorhandenen Güterwagen wird künftig ein federloser Türverschluß der Bauart Caspers nach Abb. 10 verwendet, womit sich die Türen leicht öffnen und zuverlässig schließen lassen. Selbst bei verquollenen Türen oder schief stehenden Bremserhäusern greift di federlose Falle meistens noch hinter die erste Nase der an der vorderen Bremserhausecksäule angebrachten Rast und schließt auch in diesen Fällen die Tür selbsttätig. Die Falle des Türverschlusses wird schon beim leichten Zuwerfen der Türe von der ersten Nase der Rast erfaßt. Falle und Rast müssen jedoch sorgfältig angebracht und die Befestigungsschrauben leicht vernietet werden. Die Falle wird beim Einbau mit dem senkrecht gehaltenen Kreuzdrücker von der Innenseite der Türe nach außen hindurchgeschoben und dann um 90 Grad gedreht. Durch die notwendigen Aussparungen wird der Türrahmen nur wenig und die Türschlagleiste gar nicht geschwächt. Der innere Griff muß beim Öffnen der Türe gehoben werden, jedoch ist diese Art der Betätigung dem Personal leicht ersichtlich. Bttgr.

Zuschriften.

Zu dem in Heft 3, Seite 44 veröffentlichten Aufsatz des Herrn Reg.- und Baurats Czygan „Zugwiderstände und Fahrzeitenberechnung“ erhalten wir von Herrn Professor H. Nordmann, Reichsbahnoberrat Berlin nachfolgende

Entgegnung.

Der Aufsatz des Herrn Czygan über Zugwiderstände und Fahrzeitenberechnung in Heft 3 des Organs auf Seite 44 hat schon nicht die volle Billigung der Schriftleitung gefunden, wenn sie ihn auch mit Rücksicht auf die gegebenen Anregungen veröffentlicht hat. Für den genaueren Kenner dieses Gebietes stellt sich indes der Aufsatz als derartig verfehlt dar, daß er keinesfalls unwidersprochen bleiben darf. Zu dieser Entgegnung halte ich mich für besonders berechtigt, weil die Ermittlung der gesamten wissenschaftlichen Unterlagen der Fahrzeitberechnung einen wesentlichen Teil meiner amtlichen Tätigkeit ausmacht.

Der Aufsatz zeigt eine für einen Verfasser eines solchen Aufsatzes bedauerliche Unkenntnis des heutigen Standes dieses Gebietes, auch der gesamten Literatur, die ihm seit 1921 völlig fremd zu sein scheint. Eine Abhandlung, die Anregungen für künftige Verbesserungen geben möchte, berührt ohnehin schon etwas eigenartig, wenn in ihr die ältesten Zugwiderstandsformeln wieder ans Tageslicht gezogen werden; dabei geschieht das noch ohne eindringendes Verständnis, indem z. B. einfach die sog. Erfurter Formel der Strahlschen Formel gegenübergestellt wird, als ob wirklich Zugwiderstandsformeln für die verschiedenen Fahrzeugarten (auch die historischen) übereinzustimmen brauchten. Auch an einer anderen Stelle des Aufsatzes

tritt die stark formale Einstellung hervor: Formel = Formel oder Verfahren = Verfahren.

Sachlich ist es zunächst unrichtig, daß die Erfurter Formel aus Versuchsfahrten mit einer bayerischen Schnellzuglokomotive hervorgegangen sei. Die Erfurter Versuche, die von Lochner im Organ 1894 beschrieben wurden, dienten auch nicht einmal hauptsächlich der Ermittlung einer Widerstandsformel, sondern der Untersuchung der damals neuen preußischen Schnell- und Personenzuglokomotiven der sog. Erfurter Bauart und dem gegenseitigen Verhalten der Zwillings- und Verbundausführung. Die dabei benutzte Widerstandsformel enthielt als Nenner des Geschwindigkeitsgliedes nicht 1300, wie der Verfasser angibt, sondern 1000. Die bisweilen allerdings auch als Erfurter Formel (ihres gleichen Baues wegen) bezeichnete Gleichung für den spezifischen Widerstand $w = 2{,}4 + \frac{V^2}{1300}$ stammt von Herrn v. Borries und trug dem Umstande Rechnung, daß die inzwischen schwerer gewordenen Fahrzeuge schon einen etwas kleineren Geschwindigkeitswiderstand aufwiesen.

Auch in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts hat Herr v. Borries in der „Eisenbahntechnik der Gegenwart“ 2. Auflage (1903) diese Formel noch benutzt, aber gleich mit dem Hinzufügen, daß sie nur für mittlere Geschwindigkeiten und nicht allzu schwere Züge leidlich verwendbar sei, weil die Lokomotive hierbei mit ihrem höheren spezifischen Widerstande eingerechnet war. Für schwere und schnell fahrende Züge aus vierachsigen Wagen hat er selbst an der angegebenen Literaturstelle auf den Ersatz der Erfurter Formel durch die aus Versuchen hergeleiteten Widerstandsformeln für Schnellzugwagen (ohne Lokomotive) verwiesen. Die Erfurter Versuche waren dagegen mit leichten zwei- und dreiachsigen Wagen ausgeführt, bei denen bekanntlich der Anteil des Luftwiderstandes an dem gesamten Widerstand für die Gewichtseinheit wesentlich größer ist als bei den schweren Schnellzugwagen. Die verschiedenen Zahlenwerte der Erfurter Formel gegenüber der Strahlschen sind daher alles andere als ein Beweis für die Unsicherheit von Widerstandsformeln. Sie liegen in der Natur der Sache, und das Studium der Literatur hätte Herrn Czygan darüber ohne weiteres belehren können. Im übrigen ist auch die Strahlsche Formel nicht in der Gestalt angeführt, wie sie tatsächlich bei der Aufstellung des s-V-Diagramms verwendet wird; dies geschieht in der Form

$$w = 2 + \left(0{,}007 + \frac{1}{m}\right)\left(\frac{V}{10}\right)^2 \text{ kg/t}$$

mit m als Wagengattungsbeiwert, z. B. m = 0,025 für D-Zugwagen, und ich darf für mich in Anspruch nehmen, dies zu wissen, da die s-V-Diagramme in meinem Dezernat aufgestellt werden.

Wenn Herr Czygan nunmehr auf den Einfluß des Oberbaus übergeht, namentlich auf die bei verlängerten Schienen verkleinerte Zahl der Schienenstöße, so ist ein solcher Einfluß durchaus zuzugeben. Es scheint aber Herrn Czygan nicht bekannt zu sein, daß die spätere Franksche Formel — Herr Czygan scheint nur die erste Franksche Arbeit zu kennen — ausdrücklich ein Glied für den Stoßwiderstand beim Befahren des Gleises neben dem Glied für den Luftwiderstand enthält und dieses Glied auch in die neuere Strahlsche Formel in kaum veränderter Gestalt mitaufgenommen ist. Die Berücksichtigung der gegen den Luftwiderstand in ihrem Einfluß übrigens erheblich zurückbleibenden Stöße ist also etwas längst Bekanntes und nicht erst eine Entdeckung des angegriffenen Aufsatzes. Man könnte Verbesserungen des Oberbaues Rechnung tragen, ohne grundsätzlich neue Formeln schaffen, indem man den Zahlenfaktor des Gliedes für den Stoßwiderstand verringert. Im übrigen sind keineswegs die Schienen allein ausschlaggebend, sondern auch die gute Gleislage auf der Bettung.

Bei der Betrachtung der Verfahren für die Aufstellung von Fahrzeiten tritt wieder der formale, unkritische Charakter des Aufsatzes hervor, Verfahren neben Verfahren zu setzen. Die Verfahren sind, wie ich auch z. B. in meinem Aufsatz „Lokomotivbelastung und Fahrzeitermittlung“ in Glasers Annalen 1927 rückblickend und zusammenfassend ausgeführt habe, keineswegs gleichartig, sondern die fünf heute bei der Reichsbahn angewandten Verfahren unterscheiden sich von den anderen dadurch, daß sie dynamischer Art sind, und für eine wirkliche Abbildung des Fahrverlaufes mit seinen Beschleunigungen und Verzögerungen kommen nur dynamische Verfahren in Betracht. Herr Czygan beschäftigt sich weiterhin hauptsächlich mit dem Verfahren von Dr. Gäde, auf das aber damals der Ausschuß für die Verfahren zur Fahrzeitenermittlung keine Rücksicht genommen hat, offenbar wegen seines rechnerischen statt zeichnerischen Charakters und des Aufbaues auf dem gar zu summarischen s-V-Diagramm von Dr. Gäde, der übrigens kein Lokomotivfachmann ist. Über die schnelle und bequeme Handhabung z. B. des Unreinschen Verfahrens, das ich auch häufig selbst habe durchführen lassen, habe ich bisher nur Gutes gehört und wüßte nicht, weshalb überhaupt die Genauigkeit des graphischen Verfahrens dem praktischen Bedürfnis nicht genügen soll. Auch geben die Fahrpläne wie sie nach 1923/24 aufgestellten s-V-Diagrammen unter Berücksichtigung der von Herrn Czygan erwähnten Zuschläge ermittelt worden sind, sehr wohl brauchbare Verhältnisse, für die das Prädikat, daß sie „mit der Wirklichkeit nicht übereinstimmen“, nicht zutrifft. Herrn Czygan ist offensichtlich nicht bekannt, daß bald nach Einführung der neuen Verfahren für die Aufstellung der Fahrzeiten eine große Umfrage bei den Reichsbahndirektionen nach der Haltbarkeit der Fahrpläne stattgefunden hat, die die Brauchbarkeit der Verfahren und der gewählten Zuschläge bestätigte. Das hätte in meinem schon erwähnten Aufsatz in Glasers Annalen 1927 nachgelesen werden können.

Weiter ist Herrn Czygan offensichtlich unbekannt, daß bei den Versuchsfahrten mit Lokomotiven heute die wesentliche Aufgabe einer Versuchsreihe stets darin besteht, die Leistung und Zugkraft der Lokomotive für die zulässige Kesselbeanspruchung bei verschiedenen Geschwindigkeiten festzustellen, und daß auf diesem experimentellen Wege das s-V-Diagramm entsteht. Übrigens kann kein s-V-Diagramm eine Zugwiderstandsformel entbehren, denn unmittelbar gemessen wird die Zugkraft und nicht das Zuggewicht. Über die neuen Reichsbahn-Versuchsmethoden für die Untersuchung der Lokomotiven steht in der neuesten Literatur so viel, daß man nicht verstehen kann, wie ein Verfasser sich über das in Rede stehende Thema zu verbreiten wagt, ohne sich im geringsten mit den vorhandenen Quellen beschäftigt zu haben.

In den Schlußbemerkungen glaubt nun Herr Czygan den Umweg über die Widerstandsformeln überhaupt künftig sparen und statt dessen die Züge unmittelbar versuchsmäßig fahren zu sollen. Die Kontrolle über genügende Ausnutzung der Lokomotive könnte er bei einem solchen Verfahren nur mehr dem Lokomotivführer überlassen; die Aufschreibung soll auf einer Zugführerlochkarte stattfinden. Der Gedanke, besonders wichtige Züge gelegentlich versuchsmäßig auf ihre schnellste Fahrzeit zu prüfen, ist an sich in England und Frankreich gelegentlich durchgeführt und also kein neuer Gedanke. Wenn Herr Czygan die neuere Literatur studiert hätte, würde er wissen, daß ich in meinem vorgenannten Aufsatz in Glasers Annalen 1927 statt dessen von dem vollkommeneren Verfahren gesprochen habe, derartige Fahrten mit dem Lokomotivmeßwagen im Zuge auszuführen, um ein objektives, auf Messungen beruhendes Urteil über die dabei vorhandene Anstrengung des Lokomotivkessels zu erhalten, und nicht auf die zahlreichen subjektiven Urteile der verschiedensten Lokomotivführer angewiesen zu sein.

Weiter würde Herr Czygan dort auch die Begründung dafür finden, daß dieses Verfahren trotzdem für ein großes Eisenbahnnetz nicht durchführbar ist, weil jede Strecke nach Steigung und Krümmung verschieden verläuft, und man eine große Zahl von Meßwagen zur Verfügung haben müßte, um die Fahrzeiten bei zulässiger Lokomotivbeanspruchung, von der ja auch Herrn Czygan ausgeht, auf dem zuverlässigen, objektiven und nicht subjektiven Wege mit nicht allzugroßem Zeitaufwand festzustellen. Sobald aber diese Möglichkeit für ein großes Bahnnetz nicht besteht, gibt es keinen anderen Weg, sich ein Bild über die kürzesten Fahrzeiten bei vollangestrengter Lokomotive zu machen, als auf Grund des s-V-Diagramms und eines dynamischen Verfahrens, wobei der strecken- und lokomotivkundige Betriebsmaschinendezernent noch gewisse Änderungen durch Einsatz der Kesselreserve u. dgl. vornehmen könnte. Im s-V-Diagramm steckt aber wie gesagt, die unentbehrliche Zugwiderstandsformel, und Herr Czygan darf darüber beruhigt sein, daß die Zugwiderstandsformeln bei den Lokomotivversuchen nicht übersehen werden. Aus der neuesten Literatur (Glasers Annalen vom 1. Dezember 1928) könnte er ersehen, daß vor etwas

mehr als einem Jahr besondere Versuche stattgefunden haben, um die Zugwiderstände zunächst der D-Züge zu bestimmen, bzw. die Widerstandsformeln nachzuprüfen.

Ich wüßte nicht, welche Veranlassung die Reichsbahn haben sollte, ihr auf die sorgfältig gemessenen Lokomotivleistungen gestütztes, wissenschaftlich richtig aufgebautes Verfahren für die Aufstellung der Fahrzeiten zugunsten der so leichtfertig begründeten Czyganschen „Zügführerlochkarte" zu verlassen.

Berichte.

Allgemeines.

Zweite Internationale Kohlentagung zu Pittsburg 1928.

Nach dem Vorbild der im Jahre 1926 abgehaltenen Kohlentagung zu Pittsburg fand die zweite, zu der wiederum der Präsident des Carnegie Institute of Technology zu Pittsburg Dr. Thomas Baker die Kohleninteressenten aller Länder eingeladen hatte, vom 19. bis 24. November 1928 statt. Etwa 120 Vortragende aus 20 Ländern, unter denen sich etwa 20 aus Deutschland befanden, berichteten über ihre Studien und Erfahrungen auf den verschiedenen mit der Kohle zusammenhängenden Gebieten.

Die Verbilligung der durch Kohle erzeugten Energie bildete einen Hauptpunkt der Erörterungen. Ein Hauptmittel dazu wird in den Vergasungs-Elektrizitätswerken gesehen, in denen die Kohle vor der Verwendung zur Wärmeerzeugung teilweise oder ganz vergast wird. Dabei gelangen die Anlagen zur Vergasung von Kohle bei niedriger Temperatur (Schwelanlagen) zu immer größerer Bedeutung. Nicht weniger als etwa 20 Vorträge betrafen den Stand und die Entwicklung dieser Anlagen. Da die Betriebskosten mit der Größe der Anlagen rasch abnehmen, so strebt man nach großen Einheiten. In Kanada ist jetzt eine Lurgi-Anlage für einen täglichen Durchsatz von 350 t Braunkohle; in England eine Anlage mit 10 C. T. G. Rundzellenöfen für je 65 t täglichen Durchsatz feiner Steinkohle je Ofen im Bau. Vorträge über die verschiedenen Verfahren ließen erkennen, wie nach möglichst hoher Ausbeute und hoher Güte der Schwelprodukte durch sorgfältige Abstimmung von Druck, Temperatur und Zeit beim Schwelvorgang sowie nach ununterbrochenem Arbeitsgang gestrebt wird. Die Verfahren, die zur Schonung der gasigen Erzeugnisse und zur Erleichterung ihrer Nachbehandlung zur Verschwelung überhitzten Dampf verwenden, sind in der Zunahme begriffen. Bei einigen dieser Verfahren sind die Schwelanlagen Dampfkraftanlagen mit hochgespanntem Dampf nachgeschaltet, indem der Turbinenabdampf überhitzt und zur Schwelung benutzt wird. Bei den üblichen mit Verbrennungsgasen arbeitenden Schwelanlagen wird der feine Koks meist den Feuerungsanlagen der Dampfkessel zugeführt. Es sind aber bereits mehrere Systeme in praktischer Erprobung, bei denen eine Gasretorte dem Dampfkessel vorgelegt ist und der heiße Koks auf den Vorschub der Stokerfeuerung gelangt. A. R. Smith, Schenectady will nicht nur die Betriebskosten durch Steigerung des Wirkungsgrades der Kohleverwertung verringern, sondern auch durch Herabsetzung der Anlagekosten. Die vollständige Vergasung der Kohle erfolgt bei seinem Verfahren in großen, einfachen Retorten bei mäßiger Temperatur mit Dampfzusatz. Der Wirkungsgrad des Vergasers ist 90%. Das Gas, dem Teer und leichte Öle zum Verkauf entzogen werden, wird zur Beheizung eines Quecksilberdampfkessels benutzt. Der bekannte Quecksilberdampf-Wasserdampf-Prozeß hat einen theoretischen Wirkungsgrad von 60% gegenüber 47% beim einfachen Wasserdampfverfahren. Die Gaserzeuger und Kessel werden im Freien aufgestellt, die Turbogeneratoren im Gebäude, von dem aus auch der ganze Betrieb der Anlage durch Fernsteuerung erfolgt. Diese Stufe führt schon dem Idealzustand in der Energieversorgung nahe, den A. T. Stuart, Toronto, Kanada entwickelte. Mit elektrischem Strom aus einer Wasserkraftanlage von 100000 PS-Leistung soll Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zersetzt werden. In einem Apparat, der einem Hochofen gleicht und mit Sauerstoffdampfgebläse betrieben wird, wird dann Kohle bis auf Asche, die als Schlacke abgezogen wird, vergast. Das Gas soll, nachdem Öle und Teer entzogen sind, den Haushaltungen und der Industrie als Brenngas zugeführt werden. Überschüsse an Wasserstoff- und Sauerstoffgasen werden zu anderen Zwecken abgeführt, die bereits schon heute in größerer Zahl vorliegen. Wasserstoff ist erforderlich für die chemische Synthese von Ammoniak, die Verflüssigung von Kohle und andere Zwecke, worüber eine Reihe bedeutender Vorträge auf der Tagung gehalten wurde. Für Sauerstoff sei nur seine Verwendung zur Anreicherung der Luft in Verbrennungsprozessen erwähnt. — Der Bedarf an Koks wird mit der weiteren Entwicklung der Hochofen-Gasverfahren zur Reduktion der Erze völlig aufhören. Die United States Steel Corporation bei Cleveland hat eine derartige ohne Koks arbeitende Anlage nach dem Hornseyverfahren zur Reduzierung von 250 t Eisenerze im Tag bereits errichtet.

Auf eine Verbilligung der elektrischen Energie wirkt auch die fortschreitende Verbesserung der Feuerungen der Großkessel ein. Vorgewärmte Verbrennungsluft und teilweise oder ganz luft- oder wassergekühlte Brennkammerwände sind heute sowohl bei Kohlenstaub- wie bei Stokerfeuerungen höchster Brennleistung und höchsten Wirkungsgrads eingeführt. Nach weiterer Verbesserung durch stärkste Durchwirbelung der Kohlenteilchen und der Brenngase mit der Luft und durch beste Ausnutzung der strahlenden Wärme wird gestrebt, um die Wärmebelastung für 1 cbm Feuerraum immer weiter zu steigern. Gegenwärtig ist man bei 350000 WE m³ St angelangt. Bester Wasserumlauf steigert die Wärmeaufnahmefähigkeit. Die Asche wird im geschmolzenen Zustande abgezogen.

Schwierigkeiten durch die Asche in Feuerungen wird am besten begegnet, wenn man möglichst gereinigte Kohle verwendet. Dieser Aufgabe wird zunehmende Aufmerksamkeit geschenkt. Auch W. L. Robinson, der Vorstand der Brennstoff- und Lokomotivabteilung der Baltimore und Ohio-Eisenbahn nahm in seinem Vortrage „Lokomotivbrennstoff" hierzu Stellung. Da der Vortrag auch sonst manches Bemerkenswerte über das amerikanische Eisenbahnwesen enthielt, so sei etwas näher auf ihn eingegangen. Für die Eisenbahnen der Vereinigten Staaten kommen drei Steinkohlengebiete in Frage. Bei günstiger Lage der Grube zur Bahn wird die Kohle aus den Grubenfahrzeugen unmittelbar auf die Lokomotivtender genommen. 90% der Lokomotivbrennstoffe sind Steinkohlen, die restlichen 10% entfallen vornehmlich auf Öl. Gruben und Bahnen sind durch gegenseitige Eigentumsrechte miteinander verbunden. 50% der bezahlten Frachttransporte der Bahnen entfallen auf Erzeugnisse der Gruben, Kohlen und Koks. Da die Brennstoffkosten in den Bahnbetriebskosten nach den Ausgaben für die Löhne an zweiter Stelle stehen und hochwertige Kohle zu verhältnismäßig niedrigem Preise zu erhalten ist, so streben die Bahnen danach, nur beste Sorten zu verwenden, um die höchste Transportleistung mit der geringsten Brennstoffausgabe zu erzielen. Die Qualität der Kohle soll es nicht nur ermöglichen, die Zugförderung störungsfrei durchzuführen, sondern auch Aufenthalte einzuholen. Gegenwärtig wird für das Anfahren der Güterzüge bis zur Regelgeschwindigkeit ½ t Kohle gebraucht. Die Ausschaltung von Haltepunkten und Aufenthalten wird für einen der wichtigsten Punkte zur Verringerung der Kohlenausgaben gehalten. Der Streckenleistung einer Lokomotive bis zum Eintritt in den Schuppen wird große Beachtung geschenkt, da hiervon die Ausnutzung der einzelnen Lokomotive und die Möglichkeit der Verringerung der Lokomotiven für einen bestimmten Verkehrsumfang abhängt. Die Güte des Feuers ist hier von einschneidender Bedeutung. Betriebsversuche bei mit Stokerfeuerungen ausgerüsteten Lokomotiven haben ergeben, daß sich für die verschiedenen Lokomotiven und Zugarten als Durchschnittskohle am besten solche erweist, die frei von Stücken über 6" ist und nicht mehr als 25% Grus auf ein Sieb von ³/₄" hat. Der Feuchtigkeitsgehalt der Kohle soll möglichst gering sein, da er wie die brennbare Substanz bezahlt wird und etwa 0,1% des Wärmeinhalts erforderlich sind, um jedes Prozent Feuchtigkeit auf Schornsteintemperatur zu bringen. Sehr wichtig ist es, daß die als gewaschen gekaufte Kohle im vereinbarten Prozentsatz der Reinigung angeliefert wird, da bereits 1% Mehrgehalt an Schlacke erheblichen Unkostenschaden verursachen kann. Wirtschaftlicher Brennstoffverbrauch kann nur durch hinreichende, umfassende und ständige Überwachung der Kohle auf der Grube, in Lagern, auf der Lokomotive

sichergestellt werden. Die Lokomotiven sind in guter Betriebsbeschaffenheit zu halten, die Lokomotivmannschaften sind in der praktischen Anwendung wirtschaftlicher Grundsätze bei der Lokomotivbehandlung zu erziehen. Listen über Brennstoffverbrauch sind aufzustellen und allen Beteiligten bekanntzugeben.

Alte Lokomotiven werden fortgesetzt ausgeschieden, so daß die Wirtschaftlichkeit im Brennstoffverbrauch wesentlich verbessert und die Leistung der Lokomotiven gestiegen ist. Kessel neuen Entwurfs, voraussichtlich der Wasserrohrtype mit großer Rostfläche und größerem Feuerbuchsraum versprechen bessere Verdampfungsziffern, die Möglichkeit wesentlich höherer Dampfdrücke und niedrigerer Unterhaltungskosten.

Die Verringerung der ständigen Brennstoffverluste im Stillstande bei der Kohlenfeuerung wird als ein anzustrebendes Ziel angesehen. In dieser Richtung liegt ein Hauptvorzug der ölgefeuerten und der Kohlenstaublokomotiven. Die weiterhin vorhandene hohe Anpassungsfähigkeit der Kohlenstaublokomotiven ermutige, einen praktischen Versuch mit diesen zu machen. Man schätzt, daß annähernd 15% des gesamten Lokomotivbrennstoffes im Feuerreinigungs-, Feuererhaltungs- und im Vorbereitungsdienst während des Aufenthaltes der Lokomotiven im Schuppen verbraucht werden, wozu die gleichartigen Verluste auf der Strecke treten. Dies sind etwa 15 bis 20 Millionen Tonnen Kohle im Jahr auf den Bahnen des Vortragenden, die sich sicher auf die Hälfte bei Kohlenstaubfeuerung verringern ließen. Aus dieser Einstellung zu der Einführung von Kohlenstaublokomotiven auf den amerikanischen Bahnen erklärte sich das lebhafte Interesse, mit dem der Vortrag von Baurat Walter Kleinow über die AEG-Kohlenstaublokomotive mit den neuesten Prüfergebnissen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft aufgenommen wurde. Przygode.

Der Einfluß der Maschinentechnik auf die Wirtschaftlichkeit der amerikanischen Eisenbahnen.

Nach einem Vortrag, den der Präsident der Great Northern Bahn vor einiger Zeit vor der Amerikanischen Maschinentechnischen Gesellschaft gehalten hat, haben die Eisenbahnen der Vereinigten Staaten in den letzten acht Nachkriegsjahren, d. h. seitdem der während des Krieges aufgenommene Staatsbetrieb wieder aufgehoben worden ist, insgesamt sechs Milliarden Dollars für die Verbesserung ihrer baulichen und maschinellen Anlagen und ihrer Fahrzeuge aufgewandt und damit den Wert ihrer Gesamtanlage um 25% erhöht. Über die Hälfte dieser sechs Milliarden Dollars ist — unmittelbar oder mittelbar — für Erzeugnisse des Maschinenbaues ausgegeben worden. Im Vordergrund steht natürlich die Beschaffung schwererer Lokomotiven und Wagen nebst den erforderlichen Werkstatteinrichtungen. Die Verwendung der stärkeren Lokomotiven gestattete dann die Vergrößerung der Zugeinheiten und damit sparsameren Betrieb, verlangte aber andererseits wieder große Aufwendungen für die Verbesserung der Gleisanlagen und die Vergrößerung der Bahnhöfe. Auch von den hierfür verwendeten Mitteln floß wieder ein großer Teil der Maschinenindustrie zu, weil die Bauarbeiten immer mehr mechanisiert wurden. Beispielsweise war es für die amerikanischen Bahnen mit ihren langen, stationslosen Strecken von ganz besonderer Bedeutung, daß mit der raschen Entwicklung des Kraftfahrwesens für die Beförderung der Bahnunterhaltungsrotten zum Arbeitsplatz in weitem Umfang Schienenkraftwagen eingeführt werden konnten. Es soll dadurch möglich geworden sein, die Zahl der Bahnarbeiter stellenweise auf die Hälfte herabzusetzen. Ganz allgemein aber soll sich der Erfolg aller dieser Aufwendungen in einer bedeutenden Verbesserung des Wirkungsgrades der amerikanischen Eisenbahnen zeigen. Die Frachtsätze der amerikanischen Eisenbahnen seien verhältnismäßig nieder, die Bezahlung der Angestellten sei gut.

Die hier wiedergegebenen Ausführungen eines leitenden Eisenbahnmannes zeigen, wie sehr man in Amerika die technische Arbeit überhaupt und im besonderen die Maschinentechnik schätzt und ihre Erfolge anerkennt. R. D.

(Mechanical Engineering, Nov. 1928.)

Bahnhöfe nebst Ausstattung. Lokomotivbehandlungsanlagen.

Das Förderband in der Lokomotivbekohlung.

Für die Bekohlung der Lokomotiven sind mannigfache Hilfsmittel in Gebrauch und beschrieben, auch ihre Wirtschaftlichkeit ist wiederholt gegenübergestellt und verglichen worden. Bei geringfügiger Entnahme benutzt man nur Körbe, bei einigen Tonnen Handkrane, bei mittleren Betrieben — 40 bis 50 t täglicher Ausgabe — elektrisch angetriebene Drehkrane und darüber hinaus die verschiedenen Greiferbauarten, oder Becherwerke oder die in früherer Zeit angelegten Sturzbühnen. Gerade die letzteren dürften je nach ihrer Anlage einer Verbesserung fähig sein.

So besteht in Neuß eine Sturzbühne mit einem Lager von 16 m Breite, das als Dauerbestand 2500 t, als Tageslager 1000 t faßt. Die große Breite wirkt sich sehr ungünstig aus, da die Füllung zeitraubend und mühevoll ist. Über die zunächst aus dem Wagen abgeworfenen Kohlen werden Bretter gelegt und mit Schiebkarren oder Kippwagen wird die Füllung immer weitergetrieben, mehr und mehr bergansteigend auf 2,5 m Höhe. Für diese Art der Füllung wird als Gedingezeit für die Tonne 0,62 Std. vergütet, oder 56 Pf. im Durchschnitt, das ist ein Kostenaufwand von 1400 *M*. Eine wesentliche Erleichterung und Verbilligung bringt die Verwendung eines Förderbandes (siehe Abb). Da der Arbeiter die Kohle nur in den Aufgebetrichter zu werfen hat, der dicht am Wagen oder auch darin steht, so verbraucht er nur 0,37 Stunden Gedingezeit, so daß für die Füllung des Bansens nur 830 *M* Kosten entstehen, also eine Minderausgabe von 1400—830= 570 *M*. Rechnet man dazu, daß wegen des ungleichmäßigen Zulaufs der Kohlenwagen mindestens 1000 t auf das Tageslager im Laufe des Jahres zu nehmen sind, so ergibt sich ein Gesamtgewinn von 800 *M*. An Unkosten entstehen durch den elektrischen Antrieb für 1 t 3 Pf. oder 105 *M*, für Unterhaltung, Verzinsung, Abschreibung 300 *M* im Jahr, so daß für die einmalige Lagerfüllung im Jahr ein Gewinn von 400 *M* verbleibt. Erheblich größer wird dieser Vorteil, wenn die Benutzung des Förderbandes auf die unmittelbare Bekohlung der Lokomotiven ausgedehnt wird, indem man an Stelle der Sturzkarren feste Bunker von 1 bis 3 t Inhalt anbringt. Für jede Tonne werden dann 0,05 Std. eingespart, das macht für eine Jahresförderung von 25000 t eine Minderausgabe von 1125 *M*, abzüglich Stromkosten und Verschleiß.



Förderband zum Entladen von Kohlen aus einem Wagen.

Die Verwendung eines Förderbandes gewährt aber nicht nur wirtschaftliche Vorteile, sondern dient auch dazu, die schwere Arbeit des Kohlenladens, die ja auch bei ungünstigsten Witterungsverhältnissen verrichtet werden muß und an die Gesundheit der Arbeiter große Anforderungen stellt, zu erleichtern. Die Arbeit wird nicht nur körperlich erleichtert, sondern es ist, weil der Wagen nicht mehr verlassen werden muß, möglich, eine Art Behelfszeltdach über den Wagen zu spannen.

Reichsbahnrat Schmitz.

Betrieb in technischer Beziehung. Signalwesen.

Entwicklung des Kohlenverkehrs einer amerikanischen Eisenbahn.

Die Louisville und Nashville-Eisenbahn hatte im Jahre 1913 aus Kentucky 87462 Wagenladungen Kohle abzufördern; bis 1927 war diese Menge auf 877016 Wagenladungen, also auf fast genau das Zehnfache angewachsen. Um diesen vermehrten Verkehr bewältigen zu können, hat die Eisenbahngesellschaft mit einem Aufwand von etwas über 100 Millionen Dollar ihre Strecken zweigleisig ausgebaut, die Bahnhofanlagen erweitert und ihren Lokomotivpark vergrößert. Selbstverständlich mußte auch mehr Personal eingestellt werden, doch blieb die Zunahme dank den technischen Vervollkommnungen hinter der Steigerung des Verkehrsumfangs zurück.

Das Verkehrsgebiet der Louisville und Nashville-Eisenbahn zerfällt in drei Abschnitte: die Strecken im Cumberland-Tal, diejenigen von Ost-Kentucky, und, die Verbindung beider mit Cincinnati bildend, die Strecken von Kentucky. Von den beiden erstgenannten Strecken führen zahlreiche Zweiggleise in die Kohlenzechen. Die Kohlenzüge werden geschlossen meist bis Cincinnati abgefahren. Hierzu dienen auf der Strecke im Cumberland-Tal Lokomotiven der Achsanordnung 1 D 1 von 148 t Gewicht (ohne Tender) und 27,8 t Zugkraft, die 5500 t schwere Züge zu befördern haben. Auf einer gegen 5 km langen Steigung 1:80 müssen sie allerdings von einer zweiten Lokomotive unterstützt werden. Auf der Ost-Kentucky-Strecke sind die Betriebsverhältnisse etwas günstiger. Die maßgebende Steigung ist hier 1:100. Die Lokomotiven für diese Strecke haben die gleiche Achsanordnung wie im Cumberland-Tal, wiegen aber nur 138 t und haben 25,9 t Zugkraft; das Regelgewicht der Züge auf dieser Strecke beträgt 4950 t. Auf der 290 km langen Hauptstrecke verkehren wieder Züge von 5500 t Gewicht. Die maßgebende Steigung ist 1:154, mit Ausnahme einer fast 13 km langen unter 1:90 steigenden Teilstrecke, wo die 135 t schweren Lokomotiven der Unterstützung durch eine zweite Maschine bedürfen.

Die Kohlenzüge, die mit Kohle über Cincinnati hinaus beladen sind, werden in einem Bahnhof etwa 11 km südlich von Cincinnati aufgelöst, und hier werden auch die Leerwagenzüge für das Kohlengebiet aus den zurückkehrenden Wagen zusammengestellt. Dieser Bahnhof hat für die Richtung nach Norden, also für die beladenen Züge, sechs Einfahr- und acht Ausfahrgleise für 504 und 510 Wagen, dazu 17 Ordnungsgleise für 880 Wagen. Dem Verkehr in der Gegenrichtung, also für die Leerwagen, dienen acht Einfahrgleise für 450 Wagen und zwölf Ordnungsgleise für 1010 Wagen. Die Verschiebelokomotiven sind mit Zusatzmotor versehen, der bei Bedarf die Achse unter dem Führerstand antreibt. Sie drücken bis 6000 t auf einmal über den Eselsrücken.

In den vergangenen 15 Jahren hat die Louisville und Nashville-Eisenbahn 319 neue Güterzug- und 50 Verschiebelokomotiven beschafft, wofür sie 40 bzw. 62 Lokomotiven ausgemustert hat. Zugleich hat sie durch Beschaffung von 21669 Kohlenwagen bei 5880 Ausmusterungen ihren Wagenpark um 15789 Einheiten vermehrt.

Während 1906 die durchschnittliche Ladefähigkeit eines Kohlenwagens 36,38 t betrug, ist sie heute auf 48,22 t gestiegen. Bei einer Vermehrung der Wagenzahl von 11909 auf 38818 ergibt dies eine Vermehrung um insgesamt 342%. Wie sich die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven erhöhte, zeigt die folgende Zusammenstellung:

	Lokomotivgewicht (ohne Tender)		Zugkraft		Zuggewicht	
	t	t	t	t	t	t
Kentucky-Strecke 1906 bzw. 1928	65	145	12,6	28,6	1000	5500
Cumberlandtal-Strecke 1911 bzw. 1928	83	149	15,9	29,4	1630	5500
Ost-Kentucky-Strecke 1915 bzw. 1928	74	137	15,5	25,9	2100	4950

(Railway Age, Nr. 7, 18. Aug. 1928, S. 295.) W.

Buchbesprechungen.

Der indizierte Wirkungsgrad der kompressorlosen Dieselmaschine. (Heft 314 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens) von Dr.-Ing. Fritz Schmidt. 22 Seiten mit 27 Abbildungen und 15 Zahlentafeln. Broschiert 4,50 *RM* für VDI-Mitglieder 4,— *RM*. DVI-Verlag Berlin.

Zur Beurteilung des Arbeitsverfahrens und der Bauart von Wärmekraftmaschinen hat man den Begriff des indizierten Wirkungsgrades — auch Gütegrad genannt — eingeführt. Diese Größe η_i gibt das Verhältnis der inneren Arbeit der ausgeführten Maschine zur Arbeit der vollkommenen Maschine oder das Verhältnis der entsprechenden thermischen Wirkungsgrade an. Zur Berechnung von Dampfmaschinen und Dampfturbinen hat sich der Wert η_i sehr bewährt. Die Arbeit der verlustlosen Maschine AL_0 ist in diesem Falle in eindeutiger Weise durch das adiabatische Wärmegefälle gegeben. Es ist jedoch noch nicht gelungen, auch für Verbrennungskraftmaschinen die Arbeit der verlustlosen Maschine in gleich einfacher und brauchbarer Form zu berechnen.

Die Arbeit bezweckt, für die kompressorlose Dieselmaschine unter Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit der spez. Wärmen, der Gewichtsänderung der Ladung durch die Einspritzung des Brennstoffes, und der Verschiedenheit der Gaszusammensetzung vor und nach der Verbrennung einen Idealprozeß aufzustellen, auf den der tatsächliche Prozeß einer ausgeführten Maschine zur Ermittlung des indizierten Wirkungsgrades bezogen werden kann.

Die berechneten Wirkungsgrade η_0 der vollkommenen Maschine werden für alle praktisch vorkommenden Fälle in Tabellen und Kurven dargestellt.

Verschiedenes.

Verkehrswissenschaftliche Woche.

Die Österreichische Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft veranstaltet in der Zeit vom 3. bis 8. Juni 1929 in den Räumen der Hochschule für Welthandel in Wien die erste verkehrswissenschaftliche Woche. Am Vortragstisch werden bedeutende Fachmänner des In- und Auslandes erscheinen. Die Vorträge werden diesmal überwiegend den aktuellen Fragen des Eisenbahnwesens gewidmet sein. Einige Themen behandeln aber auch andere Verkehrsgebiete und Probleme von allgemeinem volkswirtschaftlichem Interesse. Die Vorträge werden so gehalten sein, daß sie den im Verkehrsleben beruflich tätigen Zuhörern Gelegenheit zur Bereicherung ihres Fachwissens und den Interessenten des Verkehrs manchen wertvollen Aufschluß über einschlägige fachliche und wirtschaftliche Fragen bieten werden. Im Anschluß an die Vorträge werden die Teilnehmer Gelegenheit erhalten, einige interessante Verkehrsanlagen und Betriebseinrichtungen unter sachkundiger Führung zu besichtigen. Die Gesellschaft wird in nächster Zeit ihre Einladungen und Prospekte versenden, die über die Vortragsordnung und alle Einzelheiten der Veranstaltung Aufschluß geben werden.

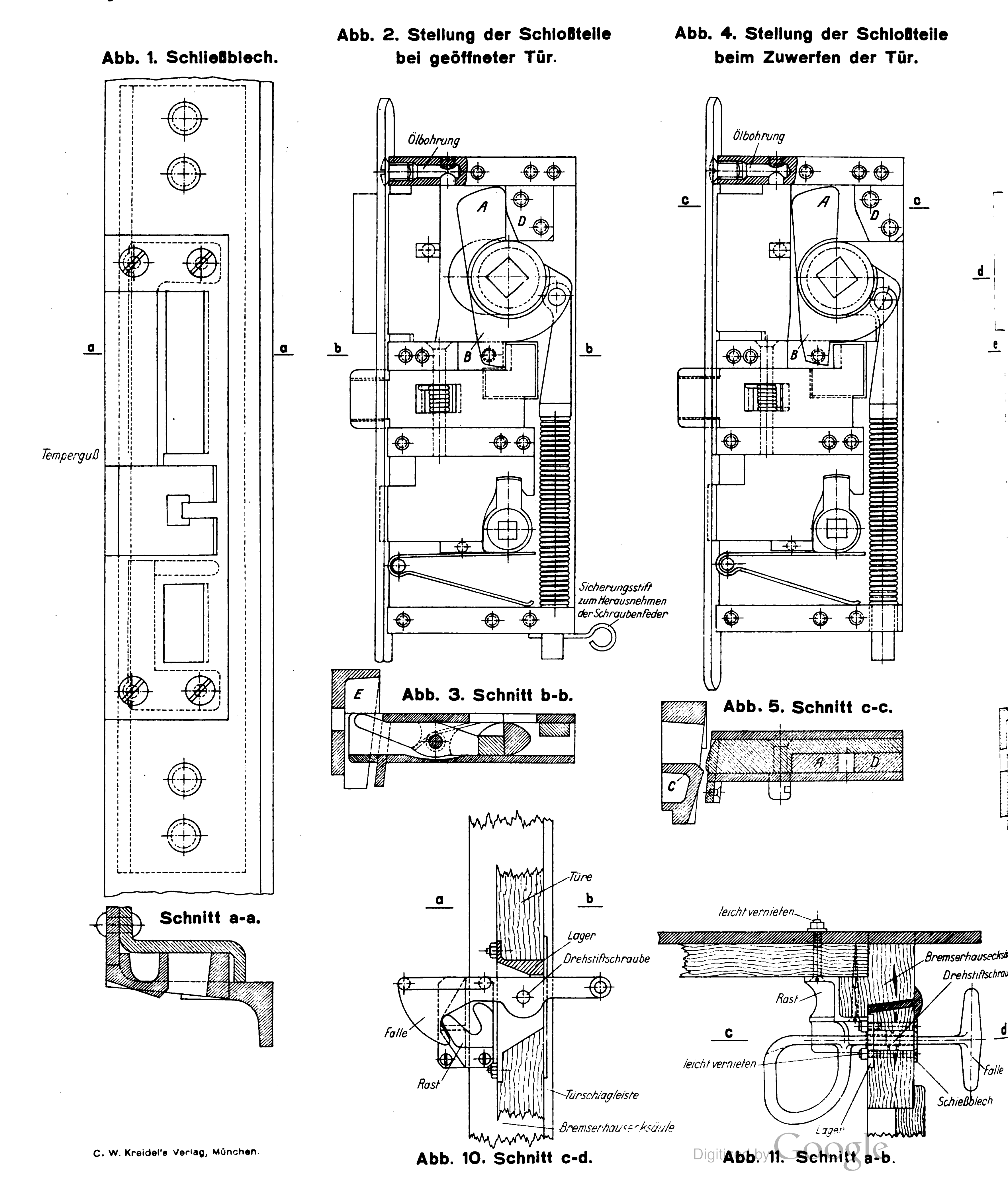
Preisausschreiben für den Behälterverkehr.

Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft, Hauptverwaltung, hat in Nr. 15 der „Reichsbahn" ein Preisausschreiben erlassen, das mithelfen soll, die Frage zu klären, ob auch für den Bereich der deutschen Eisenbahnen eine allgemeine Einführung von Transportbehältern empfohlen werden kann und ob von dem Behälterverkehr Dienliches für den Ausgleich zwischen Schienenweg und Kraftverkehr erwartet werden darf.

Für praktische Vorschläge, die den gestellten Anforderungen entsprechen, werden ein Preis von 5000 RM, ein Preis von 3000 RM, ein Preis von 2000 RM und vier Preise von 1000 RM ausgesetzt.

Wegen Einzelheiten verweisen wir auf die amtliche Veröffentlichung und auf das dem Heft 9 beigegebene Anzeigenblatt.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.


Abb. 1. Schließblech.
Abb. 2. Stellung der Schloßteile bei geöffneter Tür.
Abb. 4. Stellung der Schloßteile beim Zuwerfen der Tür.
Ölbohrung
A
B
D
a
b
c
d
e
Temperguß
Sicherungsstift zum Herausnehmen der Schraubenfeder
E
C
Abb. 3. Schnitt b-b.
Abb. 5. Schnitt c-c.
Schnitt a-a.
Türe
Lager
Drehstiftschraube
Falle
Rast
Türschlagleiste
Bremserhausecksäule
leicht vernieten
Bremserhausecksäule
Drehstiftschraube
Schließblech
Lager
Abb. 10. Schnitt c-d.
Abb. 11. Schnitt a-b.

Heft 11

1. Juni

LTUNGEN

AG · MÜNCHEN

Entwicklung des

Die Louisville u
aus Kentucky 8746
1927 war diese Meng
genau das Zehnfache
kehr bewältigen zu
einem Aufwand von e
zweigleisig ausgebaut
Lokomotivpark vergr
Personal eingestellt v
technischen Vervollkc
kehrsumfangs zurück.

Das Verkehrsgeb
zerfällt in drei Absc
diejenigen von Ost-K
Cincinnati bildend, di
erstgenannten Streck
Kohlenzechen. Die
Cincinnati abgefahren
land-Tal Lokomotiven
(ohne Tender) und 27
befördern haben. A
müssen sie allerdings
werden. Auf der
verhältnisse etwas gü
1:100. Die Lokomo
Achsanordnung wie i
und haben 25,9 t Zugl
Strecke beträgt 4950
verkehren wieder Zü
Steigung ist 1:154, m
1:90 steigenden Teils
der Unterstützung du

Die Kohlenzüge
beladen sind, werden

Der indizierte Wirkun
(Heft 314 der Forsch
wesens) von Dr.-Ing
bildungen und 15 Z
Mitglieder 4,— R.M

Zur Beurteilung
von Wärmekraftmasc
Wirkungsgrades — au
Größe η_i gibt das Ver
Maschine zur Arbeit
hältnis der entsprec
Zur Berechnung von D
der Wert η_i sehr bew
AL_0 ist in diesem Falle

Verkehr

Die Österreic
Gesellschaft veran
in den Räumen der H
verkehrswissenschaftli
deutende Fachmänner
Vorträge werden dies
Eisenbahnwesens gew
auch andere Verkehrsg
wirtschaftlichem Inter
daß sie den im Verkehrs
zur Bereicherung ihre
Verkehrs manchen wert
und wirtschaftliche Fr
Vorträge werden die Te
essante Verkehrsanlage
kundiger Führung zu be

Für die Schriftleitung



1929
84. Jahrgang

Heft 11
1. Juni

ORGAN

FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN
HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

84. Jahrgang **1. Juni 1929** **Heft 11**

Über die Aufstellung von Bremstafeln.

Von Geh. Baurat **F. Besser**, Berlin-Zehlendorf.

Bisherige Berechnungsweise. In der Eisenbahnbau- und Betriebsordnung sind bestimmte Vorschriften enthalten, nach welchen die Züge bei verschiedenen Geschwindigkeiten und Neigungsverhältnissen abzubremsen sind. Die dort in § 55 angegebenen Bremstafeln sind, soweit sie nicht aus älteren Vorschriften übernommen wurden, nach Formeln berechnet worden, die allgemein gültig sein sollten. Die Anwendung dieser Formeln ist in letzter Zeit infolge der Einführung neuer Bremssysteme auf gewisse Schwierigkeiten gestoßen, weshalb es angezeigt sein dürfte, auf die Entstehung dieser Gleichungen und auf ihre Bedeutung etwas näher einzugehen. Grundsätzlich beruhen die Formeln auf dem Energiegesetz. Es wird die kinetische Energie des Zuges bei Beginn des Bremsens gleichgesetzt den Reibungsarbeiten, die durch die Bremsen und durch den Eigenwiderstand des Zuges geleistet werden. Von diesen Reibungsarbeiten ist auf Gefällen noch die Arbeit abzuziehen, die der Schwerkraftkomponente entspricht. In ihren Einzelheiten sind die hiernach aufgestellten Formeln im Laufe der Zeit in verschiedener Beziehung geändert worden; zunächst einmal deshalb, weil die Voraussetzungen, die man für den Bremsvorgang gelten ließ, nicht zu allen Zeiten die gleichen blieben. Beispielsweise haben die Ansichten darüber gewechselt, ob und welche Zuschläge man aus Sicherheitsgründen zu der vorgeschriebenen Geschwindigkeit machen müsse, um den Zufälligkeiten des Betriebes genügend Rechnung zu tragen. Ähnliche Meinungsverschiedenheiten haben sich auch in anderen Beziehungen geltend gemacht. Abgesehen von Änderungen, die durch derartige Erwägungen veranlaßt wurden, sind die theoretisch ermittelten Formeln aber auch noch insofern abgeschliffen worden, als man die in ihnen enthaltenen Beiwerte etwas geändert hat, um sie den Ergebnissen von außerordentlich zahlreichen Versuchen besser anzupassen, die unter den verschiedensten Verhältnissen angestellt worden sind. Um den Gang der Rechnung im folgenden klarer herauszuschälen, sollen diese Feinheiten, die bei der endgültigen Aufstellung von Tafeln natürlich gebührend berücksichtigt werden müssen, hier nicht näher erörtert, sondern nur die wesentlichen Grundlagen für die Berechnung der Bremstafeln herausgegriffen werden.

Für die abzubremsenden Fahrzeuge sei:

G das Gewicht in t,

$m = 1000 \frac{G}{g}$ die Masse in $\frac{kg \cdot sec^2}{m}$,

Kl die Summe der Bremsklotzdrucke in t für das Gewicht G,

R der Bremswiderstand in kg für das Gewicht G,

w der Eigenwiderstand in kg je t,

$W = w \cdot G$ der Eigenwiderstand in kg für das Gewicht G,

v_0 die Fahrgeschwindigkeit in $\frac{m}{sec}$ im Augenblick der Bremsabsicht,

$V_0 = 3{,}6 \cdot v_0$ dieselbe Fahrgeschwindigkeit in km/h,

Δ die Änderung der Geschwindigkeit in km/h vom Augenblick der Bremsabsicht an bis zu der Zeit, in welcher die Bremse wirksam wird,

b die Bremshundertstel (Bremsprozente) nach Angabe der Bremstafeln der BO. (z. B. $b = 22$);

n die Neigung in $^0/_{00}$ (z. B. $n = 25$ bei $1:40$). n ist in Gefällen positiv zu rechnen, im Bogen abzüglich des Bogenwiderstandes,

$\varkappa = \frac{Kl}{G}$ das Verhältnis zwischen Bremsklotzdruck und Raddruck (z. B. $\varkappa = 0{,}7$),

μ die Reibungszahl zwischen Bremsklotz und Rad (z. B. $\mu = 0{,}2$),

$\varrho = \mu \cdot \varkappa$ das Verhältnis zwischen Bremskraft und Raddruck (z. B. $\varrho = 0{,}14$),

T die Zeit in sec, die zum Durchfahren des gesamten Bremsweges von 700 m gebraucht wird,

t_0 die Vorbereitungszeit in sec, d. h. die Zeit, die vom Augenblick der Bremsabsicht an vergeht, bis die Bremse wirksam wird,

$t = T - t_0$ die Zeit, während welcher die Bremse tatsächlich wirksam ist,

$S = 700$ m der vorgeschriebene Bremsweg,

s der Verlust an Bremsweg in m während der Vorbereitungszeit,

$R_m; W_m; \mu_m$ usf. bedeuten die Mittelwerte von $R; W; \mu$ usf. während des Bremsvorganges.

Nach dem Energiegesetz gilt dann für die lebendige Kraft des Fahrzeuges:

$$\text{I)} \quad \frac{m\, v_0^2}{2} = R_m \cdot (S - s) + W_m \cdot (S - s) - G \cdot n \cdot (S - s).$$

Hierbei ist angenommen, daß sich die Geschwindigkeit während des Vorbereitungsweges nicht ändert. Trifft dies nicht zu, so muß v_0 durch $v_0 + \frac{\Delta}{3{,}6}$ ersetzt werden.

Für die einzelnen Größen in Gleichung I) kann man nach den vorstehenden Bezeichnungen setzen:

$$m = \frac{1000\, G}{g}$$

$$v_0 = \frac{V_0}{3{,}6}$$

$$R_m = \frac{b}{100} \cdot 1000 \cdot G \cdot \mu_m \cdot \varkappa = 10 \cdot \mu_m \cdot \varkappa \cdot b \cdot G = 10\, \varrho_m \cdot b\, G$$

$$W_m = w_m \cdot G.$$

Führt man diese Werte in Gleichung I. ein, so erhält diese die Form:

$$\text{Ia)} \quad 3{,}9\, V_0^2 = 10 \cdot b \cdot \mu_m \cdot \varkappa \cdot (S - s) + w_m \cdot (S - s) - n \cdot (S - s)$$

oder:

$$\text{II)} \quad b = \frac{1}{\varkappa \cdot \mu_m} \cdot \left(\frac{0{,}39\, V_0^2}{S - s} - 0{,}1\, w_m + 0{,}1\, n \right).$$

Im Vergleich hierzu lautete die sogenannte Dresdener Formel, nach welcher seiner Zeit die Bremsprozente berechnet worden sind, unter Beibehaltung der oben angegebenen Bezeichnungen:

$$\text{III)} \quad b = \frac{1/\varkappa}{\mu_m} \cdot \left(\frac{x \cdot V_0^2}{S - s} - 0{,}1\, w_m + y \cdot n \right).$$

Die grundsätzlichen Übereinstimmung der beiden letzten Gleichungen ist offensichtlich.

Für die Größe der mittleren Reibungswerte μ_m und die mittleren Eigenwiderstände w_m wurden bei der Aufstellung der Dresdener Formel nähere Angaben gemacht, da sich diese Werte in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit beim Beginn des Bremsens ändern. Die Beiwerte x und y der Dresdener Formel wurden auf Grund von Versuchen ebenfalls als eine Funktion der genannten Geschwindigkeit festgelegt. Sie weichen z. T. nicht unerheblich von den theoretisch ermittelten Werten (0,39 und 0,1) ab. Gleichwohl kann für die nachstehenden Betrachtungen von der Gleichung II ausgegangen werden, weil es sich hier zunächst nur um die grundlegende Darlegung des Rechnungsganges handelt. Die Anlehnung an Gleichung II ist um so mehr berechtigt, als sich aus den nachfolgenden Betrachtungen nebenher eine gewisse Begründung dafür ergibt, warum die Beiwerte x und y nicht immer gleich 0,39 bzw. 0,1 sein können.

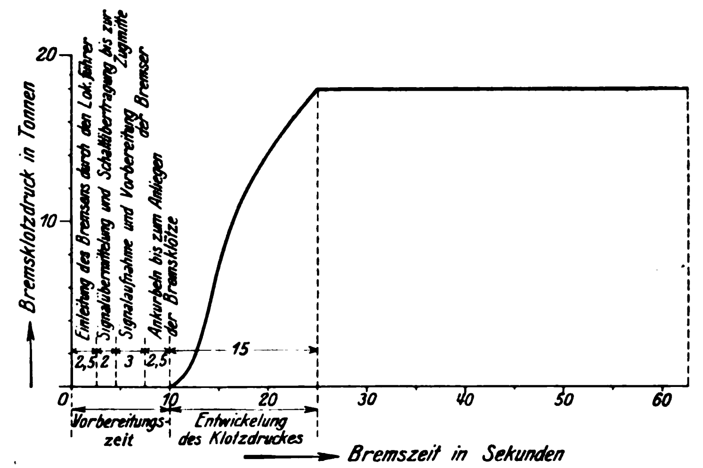


Abb. 1. Bremsdruckschaulinie für Handbremsen.

Bremsen mit langsam ansteigendem Bremsdruck. Für die bis jetzt angegebenen Berechnungsweisen ist es wesentlich, daß man mit „mittleren Bremswiderständen“, „mittleren Reibungszahlen“ und „mittleren Eigenwiderständen“ rechnet. Um dies durchführen zu können, müßte z. B. bei der Handbremse zu der Vorbereitungszeit, d. h. der Zeit, welche vom Augenblicke der Bremsabsicht ab vergeht, bis das Bremssignal von den Zugbegleitern aufgenommen, und die Bremse soweit festgezogen worden ist, daß die Bremsklötze anliegen, noch die Zeit zugeschlagen werden, welche nötig ist, um ungefähr die Hälfte der vollen Bremskraft zu erreichen (vergl. Abb. 1). Ähnlich würde bei der durchgehenden Bremse zu verfahren sein. Die Rechnung mit „mittleren Bremswiderständen“ ist nun aber ohne weiteres nur anwendbar, wenn es sich um Bremsen handelt, bei denen die Bremskraft in verhältnismäßig kurzer Zeit von Null auf ihren Höchstwert steigt. Die Rechnungsweise versagt, wenn der Bremsdruck langsam ansteigt. Abb. 2 und 3 zeigen zwei bezeichnende „Bremsdruckschaulinien“, und zwar Abb. 2 für eine Westinghouse-Personenzugbremse, Abb. 3 für eine Kunze-Knorr-Güterzugbremse. Aus diesen Schaulinien ist ersichtlich, daß der Druck im Bremszylinder, gemessen in kg/cm², im Falle einer vollen Betriebsbremsung bei der Güterzugbremse wesentlich langsamer ansteigt als bei der Personenzugbremse. Diesem Druck entsprechend wächst die Bremskraft. Um die Wirkung eines derartig verschieden schnellen Ansteigens rechnerisch verfolgen zu können, sollen zwei Grenzfälle untersucht werden, nämlich:

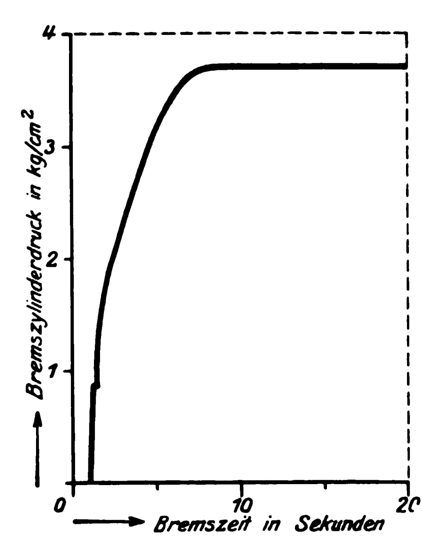


Abb. 2. Bremsdruckschaulinie der Westinghouse-Personenzugbremse.

1. der Druck im Bremszylinder erreiche bei Beginn der Bremsung sofort seinen Höchstwert ξ_1 und bleibe während des ganzen Bremsvorganges gleich (Abb. 4),
2. der Druck ξ_2 steige während des Bremsvorganges ständig proportional der Zeit an, so daß man $\xi_2 = \xi_0 \cdot t_2$ setzen kann (Abb. 5). Der Höchstwert von ξ_2 sei ebenso groß wie ξ_1. Er werde im Augenblicke des Haltens erreicht.

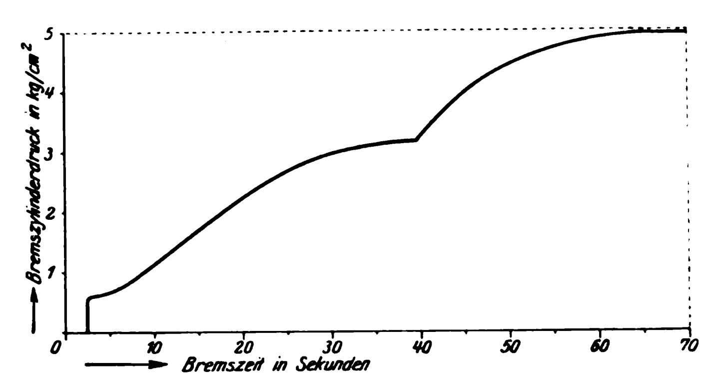


Abb. 3. Bremsdruckschaulinie der Kunze-Knorr-Güterzugbremse.

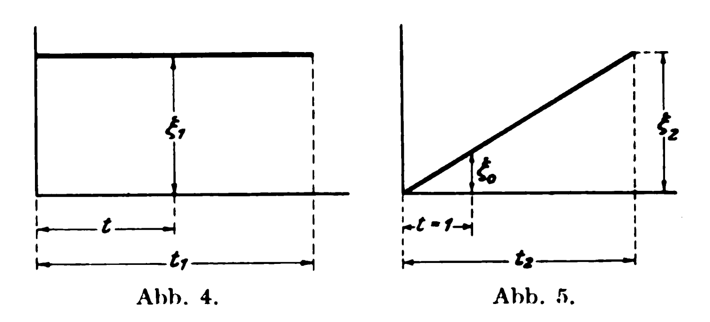


Abb. 4. Abb. 5.

Bei sonst gleicher Bauart haben also die beiden Bremsen den gleichen Bremsklotzdruck. Sie unterscheiden sich aber durch den zeitlichen Verlauf des Bremsvorganges. Die Bremskraft und damit die Verzögerung p des Wagens wird dem Druckverlauf im Bremszylinder annähernd proportional sein. Die Vorbereitungszeit sei bei beiden Bremsen die gleiche, dann berechnet sich der eigentliche Bremsweg $S' = S - s$ auf wagrechter Strecke für die beiden Fälle nach folgenden Gleichungen, in denen t_1 bzw. t_2 die Zeiten für den eigentlichen Bremsvorgang und p_1 bzw. p_2 die Verzögerungen am Ende des Bremsvorganges sind.

Fall 1: $\xi = \text{const.}$

$$p_1 = p_1$$

$$1)\quad v_0 = p_1 t_1$$

$$S' = v_0 t_1 - \frac{1}{2} p_1 t_1^2 = p_1 t_1^2 - \frac{1}{2} p_1 t_1^2$$

$$2)\quad = \frac{1}{2} p_1 t_1^2$$

Fall 2: $\xi = \xi_0 \cdot t$

$$p_2 = p_0 t_2$$

$$v_0 = \int p_0 \cdot t \cdot dt = \frac{1}{2} p_0 t_2^2 = \frac{1}{2} p_2 t_2 \quad \dots \dots \quad 1)$$

$$S' = v_0 \cdot t_2 - \int \frac{1}{2} p_0 t^2 \cdot dt = v_0 t_2 - \frac{1}{6} p_0 t_2^3 = \frac{1}{2} p_2 t_2^2 - \frac{1}{6} p_2 t_2^2$$

$$= \frac{1}{3} p_2 t_2^2 \quad \dots \dots \quad 2)$$

Berechnet man t_1 und t_2 aus den Gleichungen 1) und setzt man die gefundenen Werte in die Gleichungen 2) ein, so ergibt sich:

$$p_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0^2}{S'} \qquad \Big| \qquad p_2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{v_0^2}{S'}$$

Um in beiden Fällen bei gleicher Anfangsgeschwindigkeit v_0 den gleichen Bremsweg S' zu erhalten, muß hiernach die Verzögerung des Wagens am Ende des Bremsweges im zweiten Falle $4/3 : 1/2 = 2{,}67$mal so groß sein als im ersten Falle. Da vorausgesetzt war, daß bei sonst gleicher Bauart der beiden Bremsen am Ende des Bremsweges $\zeta_1 = \zeta_2$ ist, so sind zu diesem Zeitpunkt auch die Bremsklotzdrucke in beiden Fällen die gleichen. Das errechnete Verhältnis der Bremsverzögerungen $p_2 : p_1$ läßt sich daher nur durch entsprechende Zahl der einzuschaltenden Bremsen erreichen. Das bedeutet für das vorliegende Beispiel: Trotz der gleichen Bremsklotzdrucke müssen bei der Bremse mit dem veränderlichen Druck 2,67mal so viel Bremsprozente angewendet werden, als bei der Bremse mit gleichbleibendem Druck, wenn man in beiden Fällen die gleichen Bremswege erreichen will.

Hieraus folgt, daß eine Berechnung der Bremsprozente, die sich lediglich auf die Größe des größten Bremsklotzdruckes stützt, nicht ausreicht. Die Unterschiede in der vorzuschreibenden Bremsbesetzung können bei Bremssystemen mit verschiedenen Bremsdruckschaulinien so bedeutend sein, daß auch eine Abschätzung der Bremswirkung der verschiedenen Systeme nicht befriedigen kann. Es muß vielmehr das Gesetz, nach welchem das zeitliche Anwachsen des Klotzdruckes stattfindet, in irgendeiner Form mit in die Rechnung eingeführt werden.

Ein weiterer Grund, weshalb die bisher gebräuchlichen Formelnfür die durchgehenden Güterzugbremsen nicht angewendet werden können, liegt darin, daß bei der Aufstellung der Formeln ein festes Verhältnis zwischen dem größten Bremsklotzdruck und dem Achsdruck vorausgesetzt worden ist. Bei der durchgehenden Personenzugbremse war diese Annahme zulässig, weil die Nutzlast eines Personenwagens so gering ist, daß das Gesamtgewicht des Wagens einschließlich Nutzlast im beladenen oder unbeladenen Zustande nahezu gleich ist. Bei Güterwagen mit Handbremsen konnte man annehmen, daß der Bremser gefühlsmäßig die Größe der Bremskraft der Schwere des Wagens anpaßt. Bei der neuerdings eingeführten durchgehenden Güterzugbremse der Bauart Kunze-Knorr ist diese Anpassung aber nur in sehr engen Grenzen möglich. Die Bremse hat nur zwei Bremsstufen, „beladen" oder „unbeladen". Bei jeder Vollbremsung wird in jeder Stufe ein bestimmter unveränderlicher Höchstdruck ausgeübt. Das Verhältnis des höchsten Klotzdruckes zum Achsdruck ist daher je nach dem Beladungszustand des Wagens sehr verschieden.

Einführung des Begriffes „Bremswert" In der Eisenbahnbau- und Betriebsordnung sind die Schwierigkeiten, die sich aus der Veränderlichkeit des Verhältnisses des höchsten Klotzdruckes zum Achsdruck und aus dem langsamen Ansteigen des Klotzdruckes für die Bremsberechnung ergeben, dadurch überwunden worden, daß diese nicht mehr nach „Achsen" und auch nicht allein nach „Tonnen" stattfindet, sondern daß jedem Wagen ein bestimmter „Bremswert" beigelegt worden ist. Diese „Bremswerte" werden zwar noch „Tonnen" bemessen, sie stützen sich aber nicht auf eine reine „Tonnenberechnung", wie sie z. B. nach den bisherigen Bestimmungen der „Technischen Vereinbarungen" des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen vorgesehen ist, sie sind vielmehr nach ihrer Herleitung abhängig erstens von der Größe des Klotzdruckes, und zweitens von der Zeit. Das letztere insofern, als bei der Ermittlung des „Bremswertes" der zeitliche Verlauf des Bremsdruckes berücksichtigt ist. Im folgenden soll gezeigt werden, wie die Berechnung nach „Bremswerten" mit den Berechnungen nach den früheren Formeln in Einklang zu bringen ist.

Der „Bremswert" im Sinne der Betriebsordnung gibt das Gewicht derjenigen Masse in Tonnen an, welche die Bremse auf 700 m Weg abzubremsen vermag. Hierbei ist vorausgesetzt, daß das Fahrzeug auf einem beliebigen Gefälle mit einer Geschwindigkeit fährt, bei der die Bremstafeln für Hauptbahnen 100 Bremsprozente verlangen. Zur Verdeutlichung des Begriffes „Bremswert" denke man sich folgende Versuche durchgeführt: ein Zug von z gleichartigen Wagen je vom Gewichte G, einschließlich Nutzlast, und je mit dem Bremswerte G_0, die sämtlich mit den zu untersuchenden Bremsen ausgestattet sind, wird unter Verhältnissen abgebremst, für welche die Bremstafeln für Hauptbahnen 100Bremsprozente vorschreiben. Die Versuche werden nun unter sonst gleichen Verhältnissen insbesondere bei gleichbleibenden Bremsstärken mit mehr oder weniger stark beladenen Wagen durchgeführt. Ist das Gesamtgewicht der Wagen $z . G$, einschließlich Nutzlast, kleiner als die Summe der gesuchten Bremswerte $z . G_0$, so wird der Bremsweg einschließlich des Vorbereitungsweges kleiner als 700 m sein. Ist das Gesamtgewicht $z . G$ größer als $z . G_0$, so wird der Bremsweg zu groß. Diejenige Gesamtlast $z . G = z . G_0$, bei welcher der Bremsweg genau 700 m wird, entspricht den gesuchten Bremswerten. Für deren tatsächliche Festlegung können noch gewisse Sicherheitszuschläge in Frage kommen. Für die weitere Rechnung kann aber der Bremswert G_0 zunächst als bekannt angesehen werden. Sollen nun nicht Fahrzeuge vom Gewicht G_0, sondern solche vom Gewicht G abgebremst werden, so sind hierzu $\frac{G}{G_0}$ Bremsen erforderlich. Schreiben die Bremstafeln für einen bestimmten Fall nicht 100, sondern b Bremsprozente vor, so sind $\frac{b}{100} \cdot \frac{G}{G_0}$ Bremsen nötig. Mithin kann man für den Bremswiderstand in diesem Falle schreiben:

$$R = \frac{b}{100} \cdot \frac{G}{G_0} . 1000 . Kl . \mu_m = 10 \, \mu_m . \frac{b . G}{G_0} . Kl.$$

Hierbei ist der Klotzdruck als eine veränderliche Größe anzusehen.

Die Energiegleichung erhält dann die Form:

$$\frac{m \, v_0^2}{2} = \int R . ds + W_m . (S - s) - G . n \, (S - s)$$

$$= 10 . \mu_m . \frac{b G}{G_0} . \int Kl . ds + W_m \, (S - s) - G . n \, (S - s)$$

oder:

$$\text{Ib)} \; . \; . \; 3{,}9 . V_0^2 = 10 . b . \mu_m \frac{\int Kl . ds}{G_0} + W_m (S - s) - n . (S - s).$$

Diese Gleichung entspricht der Gleichung Ia auf Seite 181.

Aus Gleichung Ib) lassen sich die Bremsprozente berechnen, wenn $\int Kl . ds$ bekannt ist. Der veränderliche Klotzdruck Kl in Tonnen, läßt sich aus der Bremsdruckschaulinie und den Abmessungen der Bremsanordnung ermitteln. Hierbei ergibt sich der Klotzdruck als eine Funktion der Zeit. Zur Lösung des vorstehenden Integrales muß aber der Klotzdruck als eine Funktion des vom Wagen zurückgelegten Weges bestimmt werden. Ein Verfahren hierfür ist weiter unten näher beschrieben. Vorläufig werde die Aufgabe als gelöst betrachtet. $\int Kl . ds$ stellt alsdann eine Fläche dar, die man in ein Rechteck mit der Basis $(S - s)$ verwandeln kann. Hieraus ergibt sich der mittlere Klotzdruck Kl_m. Setzt man $\psi = \frac{Kl_m}{Kl_{max}}$, so ist $\int Kl . ds = \psi . Kl_{max} . (S - s)$.

Die Gleichung Ib) erhält dann die Form:

$$\text{Ic)} \; . \; 3{,}9 V_0^2 = 10 . b . \mu_m . \psi . \frac{Kl_{max}}{G_0} . (S - s) + w_m (S - s) - n . (S - s)$$

Somit sind die Bremsprozente für eine durchgehende Bremse mit dem Bremswert G_0, dem Höchst-Klotzdruck Kl_{max} und dem Faktor ψ, welcher von der Bremsdruckschaulinie abhängt, zu berechnen, nach einer Gleichung von der Form:

$$\text{IIa)} \quad b = \frac{G_0}{\psi \cdot Kl_{max} \cdot \mu_m} \cdot \left(\frac{0{,}395\, V_0^2}{S - s} - 0{,}1\, w_m + 0{,}1\, n \right).$$

Aus einem Vergleich der Formeln II) und IIa) ergibt sich, daß beide übereinstimmen, wenn $\varkappa = \frac{\psi \cdot Kl_{max}}{G_0}$ wird. Bei diesem Vergleich ist jedoch eine gewisse Vorsicht geboten. Neuere Versuche haben gezeigt, daß die Reibungszahlen μ_{m1}, welche man früher annahm, etwas zu gering sind. Rechnet man mit neueren Werten μ_{m2}, so müßte man $\mu_{m1} \cdot \varkappa = \frac{\psi \cdot Kl_{max}}{G_0} \cdot \mu_2$ setzen, um die alte und die neu abgeleitete Formel in Einklang zu bringen. Natürlich kann aber in einem gegebenen Falle nur ein Wert von μ_m der richtige sein, gleichgültig, ob es sich z. B. um Handbremsen oder um durchgehende Bremsen handelt. Dieser scheinbare Widerspruch dürfte sich dadurch aufklären, daß bei der alten Formel mit einem $\psi_1 = 1$ gerechnet worden ist. Tatsächlich ist aber die Bremskraft auch bei schnell wirkenden Bremsen nicht völlig unveränderlich. Es müßte daher streng genommen auch hier mit einem $\psi_1 < 1$ zu rechnen sein, so daß etwa $\mu_{m1} = \psi_1 \cdot \mu_{m2}$ wäre. In diesem Falle gehen die alte und die neue Formel ineinander über, wenn

$$\psi_1 \cdot \varkappa = \frac{\psi \cdot Kl_{max}}{G_0}$$

ist. Man findet also zwischen dem größten Klotzdruck und dem Bremswert die Beziehung

$$\text{IV)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad G_0 = \frac{\psi}{\psi_1 \cdot \varkappa} \cdot Kl_{max}.$$

Führt man den Vergleich der Formel IIa) nicht mit der Formel II, sondern mit III, also mit der sogenannten Dresdener Formel durch, so ist noch zu berücksichtigen, daß letztere die veränderlichen Beiwerte x und y enthält, während in der Formel IIa) die entsprechenden Werte gleich 0,39 und 0,1 also unveränderlich sind. Vor endgültiger Festlegung der neuen Formel ist in dieser Beziehung noch eine Berichtigung angezeigt die hier nur angedeutet werden soll. Zunächst würde noch die bisher unberücksichtigt gebliebene zusätzliche Energie der sich drehenden Massen in Rechnung zu stellen sein. Sodann bleibt aber noch zu beachten, daß sich bei der Durchrechnung von Beispielen der Wert von ψ etwas verschieden ergibt, je nachdem man von einer großen oder von einer kleinen Anfangsgeschwindigkeit, bzw. von einer wagrechten oder einer stark geneigten Strecke ausgeht. In diesem Umstande dürfte einer der Gründe liegen, welche zu der Annahme der veränderlichen Koeffizienten x und y in der Dresdener Formel geführt haben.

Berechnung von Beispielen.

Es soll im folgenden noch gezeigt werden:

1. wie der Wert ψ, also auch $\int Kl.ds$, aus der Bremsdruckschaulinie und den Abmessungen der Bremsanordnung bestimmt werden können.
2. Wie sich nach dem gleichen Verfahren der „Bremswert" aus der Bremsdruckschaulinie ableiten läßt.
3. Wie sich bei einem gegebenen Bremswert die Bremsprozente zur Aufstellung einer neuen Bremstafel aus der Bremsdruckschaulinie ermitteln lassen.

1. Ableitung von $\int Kl.ds$ aus der Bremsdruckschaulinie.

Zur Bestimmung von $\int Kl.ds$ muß der Bremsvorgang während des Bremsens näher untersucht werden. Um den Rechnungsgang in möglichst einfacher Form klarzulegen, ist in Abb. 6 die Zusammensetzung des Bremsweges für eine wagrechte Strecke und unter der Voraussetzung skizziert, daß sich die Anfangsgeschwindigkeit während der Vorbereitungszeit nicht ändert. Der gesamte Bremsweg $S = 700$ m besteht aus dem Vorbereitungsweg s und dem eigentlichen Bremsweg $S' = S - s$. Man findet den Bremsweg S indem man zusammensetzt:

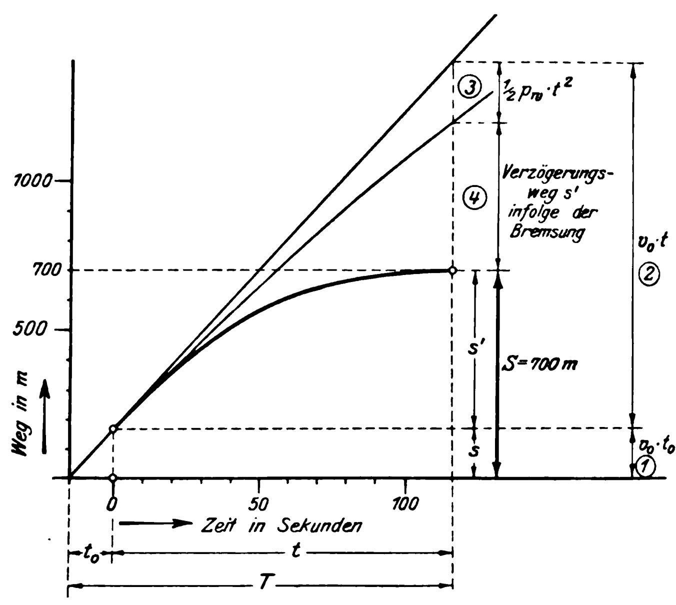


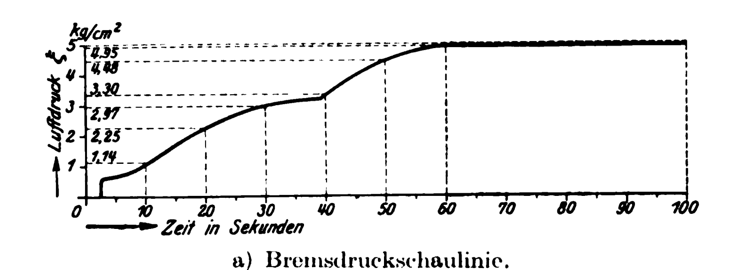
Abb. 6. Zusammensetzung des Bremsweges.

1. den Vorbereitungsweg $s = v_0 . t_0$,
2. den Weg $v_0 . t$, der in der eigentlichen Bremszeit t bei unverminderter Geschwindigkeit zurückgelegt werden würde;

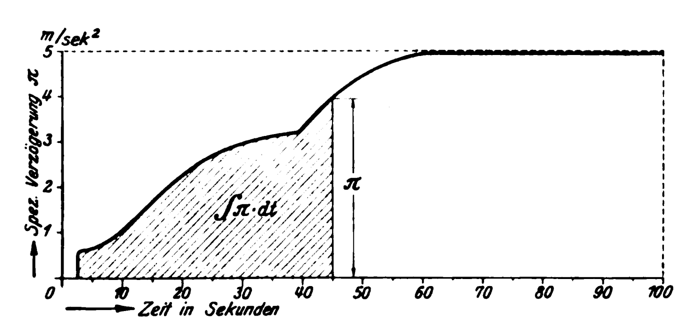
   von dieser Summe zieht man ab:
3. den Verlust an Weg durch den Eigenwiderstand w_m. Dieser ruft eine Verzögerung $p_w = g . \frac{w_m}{1000}$ und einen Wegverlust $s'' = 1/2\, p_w . t^2$ hervor (z. B. $t = 100$; $w_m = 2{,}1$ kg/t; $\frac{1}{2} p_w . t^2 = 105$ m);
4. den „Verzögerungsweg" s', d. i. der Verlust an Weg, welcher durch die Bremswirkung hervorgerufen wird.

Der verbleibende Rest ist der gesuchte Bremsweg einschließlich des Vorbereitungsweges.

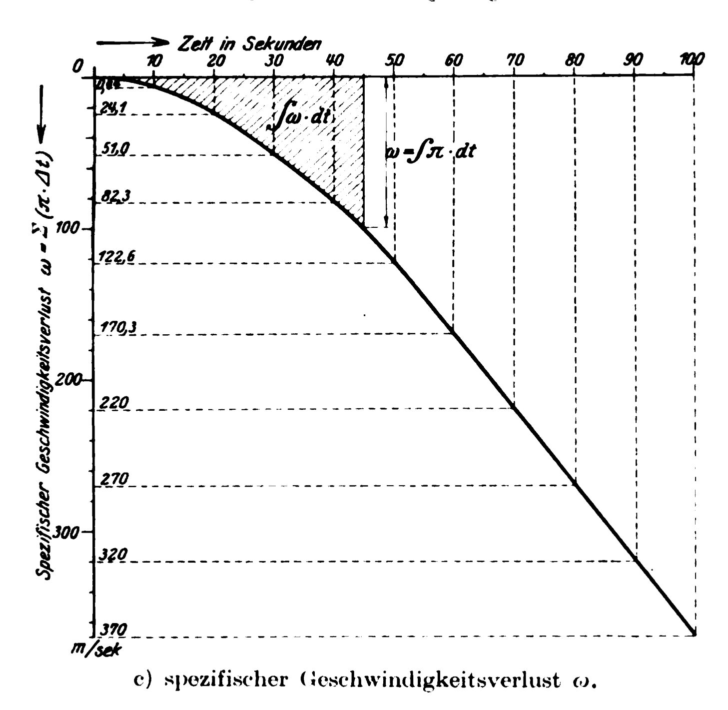
Der Verzögerungsweg s' kann aus der Bremsdruckschaulinie abgeleitet werden. Hierzu werden zunächst die in Abb. 7a, b, c, d dargestellten Werte ermittelt. Diese gelten für eine Masse $m = 1$ und für die Kraft ξ, die auf die Einheit der Kolbenfläche des Bremszylinders ausgeübt wird. Die veränderliche Kraft ξ ist aus der Bremsdruckschaulinie Abb. 7a zu entnehmen. Sie würde einer sich bewegenden Masse von der Größe 1 eine „spezifische Verzögerung" erteilen von $\pi = \frac{\xi}{1}$ in m/sec² (Abb. 7b). Aus dieser Verzögerung ermittelt man — am besten auf zeichnerischem Wege — den Verlust an Geschwindigkeit, welchen die Masse 1 durch die Verzögerung π erleiden würde, indem man die Summe der Produkte $\Delta t . \pi$ bildet, wobei Δt einen klein gewählten Zeitraum und π die von der Bremse herrührende mittlere spezifische Verzögerung während dieses Zeitraumes bedeuten. Nennt man diesen „spezifischen Geschwindigkeitsverlust" ω, so ist $\omega = \Sigma(\pi . \Delta t)$ (Abb. 7c). Aus der Geschwindigkeitsabnahme berechnet man in ganz entsprechender Weise den von der Bremse herrührenden „spezifischen Verzögerungsweg" σ zu $\sigma = \Sigma(\omega . \Delta t)$ (Abb. 7d). Die Werte ω und σ, welche sich durch die vorstehend beschriebene Integration ergeben, hängen nur von der Brems-



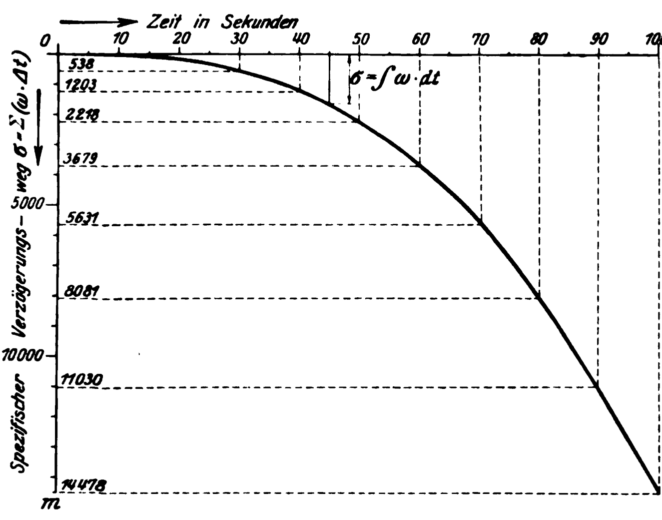
a) Bremsdruckschaulinie.



b) spezifische Verzögerung π.



c) spezifischer Geschwindigkeitsverlust ω.



d) spezifischer Verzögerungsweg σ.

Abb. 7. Ermittlung der spezifischen Verzögerungswege.

druckschaulinie ab. Sie sind dagegen völlig unabhängig von dem Übersetzungsverhältnis der Bremse, von dem Bewegungszustande des Wagens oder von den Vorschriften irgend einer Bremstafel. Die Integration braucht daher für jedes Bremssystem bzw. für jede Bremsdruckschaulinie nur einmal ausgeführt zu werden. Aus der spezifischen Geschwindigkeitsabnahme ω läßt sich für beliebige Fälle die wirkliche Geschwindigkeitsabnahme v', und aus dem spezifischen Verzögerungswege σ der wirkliche Verzögerungsweg s' berechnen, indem man folgende Faktoren in die Rechnung einführt: Es sei

F die Fläche des Bremskolbens in cm²,
i das Übersetzungsverhältnis der Bremsanordnung,
η der Wirkungsgrad der Bremsanordnung,

dann berechnet sich der Klotzdruck zu:

$$Kl = \frac{F \cdot i \cdot \eta}{1000} \cdot \xi = C_1 \cdot \xi, \text{ wobei}$$

$$C_1 = \frac{F \cdot i \cdot \eta}{1000} \text{ ist.}$$

Wenn für einen bestimmten Fall b Bremsprozente vorgeschrieben sind, so genügen $\frac{b}{100}$ des Klotzdruckes, um die Masse $m = \frac{G_0}{g}$ auf 700 m Weg abzubremsen. Die Bremskraft ist dann

$$R = \mu \cdot \frac{b}{100} \cdot Kl.$$

Daher ist die Verzögerung

$$p = \frac{R}{m} = \frac{\mu \cdot b/100 \cdot Kl}{G_0/g} = C_2 \cdot \frac{b}{G_0} \cdot Kl,$$

oder:

$$p = C_1 \cdot C_2 \cdot \frac{b}{G_0} \cdot \xi, \text{ wobei } C_2 = \frac{g \cdot \mu_m}{100} \text{ ist.}$$

Die auf die Masseneinheit und die Einheit der Kolbenfläche bezogenen Werte ω und σ sind nach dem Vorstehenden mit dem gleichen Faktor

$$C_3 \cdot \frac{b}{G_0} = \left(\frac{F \cdot \eta \cdot i}{1000} \cdot \frac{g \cdot \mu_m}{100}\right) \cdot \frac{b}{G_0} = C_1 \cdot C_2 \cdot \frac{b}{G_0}$$

zu multiplizieren, wie ξ, um die tatsächliche Geschwindigkeitsabnahme v' und den tatsächlichen Verzögerungsweg s' zu erhalten. Es ist also

$$p' = \frac{F \cdot \eta \cdot i}{1000} \cdot \frac{g \cdot \mu_m}{100} \cdot \frac{b}{G_0} \cdot \xi = C_3 \cdot \frac{b}{G_0} \cdot \xi;$$

$$v' = \frac{F \cdot \eta \cdot i}{1000} \cdot \frac{g \cdot \mu_m}{100} \cdot \frac{b}{G_0} \cdot \omega = C_3 \cdot \frac{b}{G_0} \cdot \omega;$$

$$s' = \frac{F \cdot \eta \cdot i}{1000} \cdot \frac{g \cdot \mu_m}{100} \cdot \frac{b}{G_0} \cdot \sigma = C_3 \cdot \frac{b}{G_0} \cdot \sigma.$$

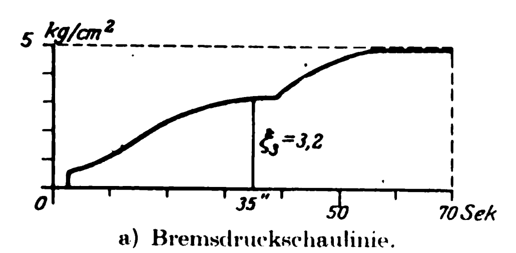
Es sei nun eine Bremse gegeben, deren Bremsdruckschaulinie der Abb. 7a entspricht, die in Abb. 8a nochmals aufgezeichnet ist. Der Bremswert sei zu $G_0 = 14$ t festgelegt. Die Bremstafeln mögen für 700 m Bremsweg bei $V_0 = 55$ km/h (15,3 m/sec.) auf der wagrechten Strecke $b = 17$ Bremsprozente vorschreiben. Die Bremsanordnung habe folgende Konstante:

$$C_3 = \frac{F \cdot \eta \cdot i}{1000} \cdot \frac{\mu_m}{10} = \frac{616 \cdot 0{,}90 \cdot 5{,}2}{1000} \cdot \frac{0{,}2}{10} = 0{,}0587.$$

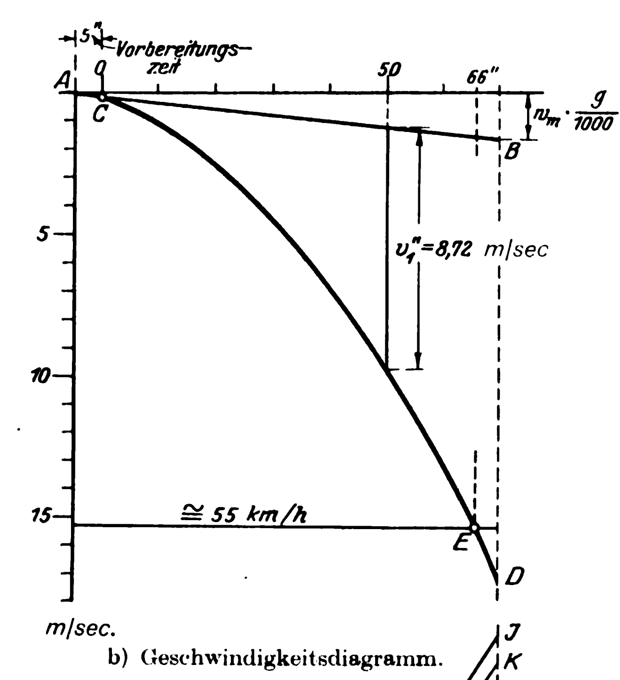
Dann ist: $\frac{b}{G_0} \cdot C_3 = \frac{17}{14} \cdot 0{,}0587 = 0{,}0715.$

Nimmt man den Eigenwiderstand zu $w_m = 2{,}1$ kg/t und die Vorbereitungszeit zu $t_0 = 5''$ an, so läßt sich das Geschwindigkeits-Diagramm nach Abb. 8b aufzeichnen. Die Gerade A B entspricht der Geschwindigkeitsabnahme infolge des Eigenwiderstandes. Nach 50 Sekunden ist z. B.

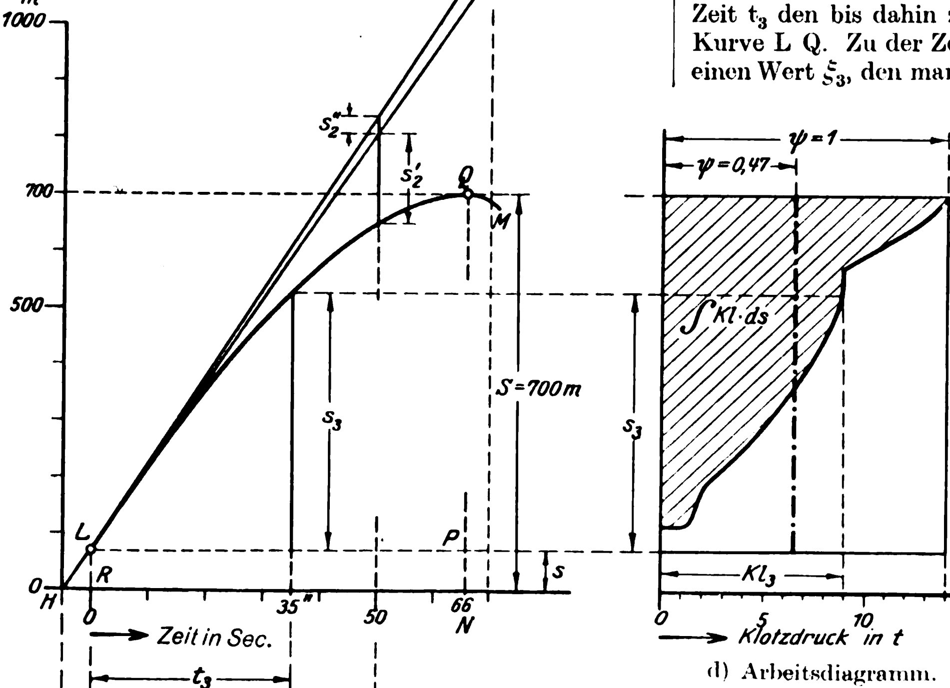
$v'' = w_m \cdot \frac{g}{1000} \cdot t = \frac{g \cdot 2{,}1}{1000} \cdot 50 = 1{,}05$ m/sec. Um den Geschwindigkeitsverlust zu ermitteln, welchen die Bremse er-



a) Bremsdruckschaulinie.



b) Geschwindigkeitsdiagramm.



c) Wegdiagramm.

d) Arbeitsdiagramm.

Abb. 8. Ermittlung der Bremsarbeit.

zeugt, entnimmt man für eine beliebige Zeit t_1 aus Abb. 7c den Wert ω_1 (z. B. $t_1 = 50''$; $\omega_1 = 122$). Durch Multiplikation dieses Wertes mit der Konstanten $\frac{b}{G_3} \cdot C_3 = 0{,}0715$ findet man den gesuchten Geschwindigkeitsverlust (z. B. $v_1'' = \frac{b}{G_0} \cdot C_3 . \omega_1 = 0{,}0715 . 122 = 8{,}72$ m/sec.). Auf diese Weise ergibt sich die Kurve C D. Zieht man im Abstande $v_0 = 15{,}3$ m/sec. eine Parallele zur X-Achse, so schneidet diese die Kurve C D im Punkte E. Dieser Punkt entspricht dem Augenblick, in dem der Wagen zum Stillstand kommt. Aus der Abb. 8b kann nunmehr abgelesen werden, daß die Bremszeit $(5 + 66) = 71$ Sekunden betrug.

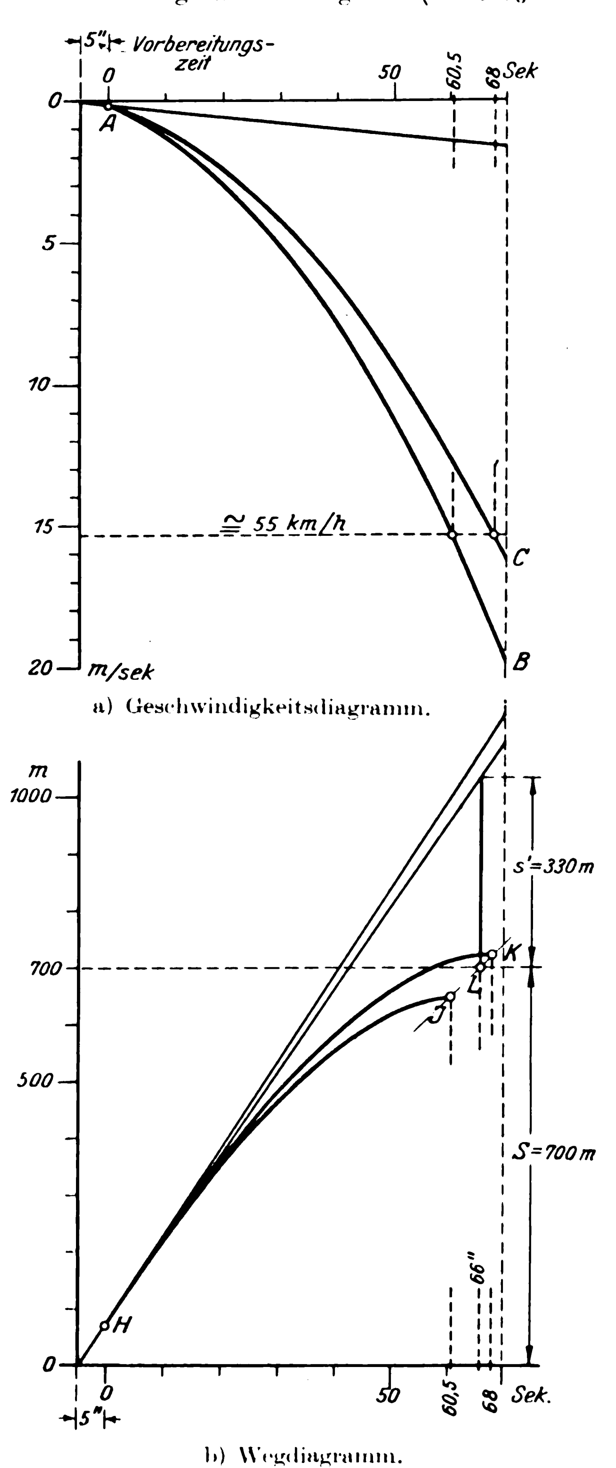
Aus dem Geschwindigkeitsdiagramm läßt sich das Wegdiagramm Abb. 8c ableiten, indem man die Gerade $y = v_0 . (t_0 + t)$ (z. B. $y = 15{,}3 . 50 = 765$ m) aufzeichnet. Die Ordinaten dieser Geraden H J entsprechen den Wegen, die das Fahrzeug ohne Bremsung zurücklegen würde. Vermindert man diese Ordinaten um den Verlust an Weg, der durch den Eigenwiderstand entsteht, nämlich $s'' = \frac{1}{2} \cdot \frac{g}{1000} \cdot w_m . t^2$ (z. B. $1/2 . \frac{g}{1000} . 2{,}1 . 50^2 = 26{,}25$ m), so ergibt sich die Linie H K. Von dieser ist nunmehr der Verzögerungsweg s' abzuziehen, welcher der Wirkung der Bremse entspricht. Diesen Verzögerungsweg erhält man, indem man für eine beliebige Zeit t aus Abb. 7d den Wert σ entnimmt. Dann ist $s' = 0{,}0715 . \sigma$ (z. B. $t_2 = 50''$; $\sigma_2 = 2220$; $s_2 = 0{,}0715 . 2220 = 160$ m). Auf diese Weise ergibt sich die Kurve L M. Den Bremsweg findet man, indem man am Endpunkte N der Bremszeit, die zu $(5 + 66)$ Sekunden ermittelt worden war, eine Ordinate errichtet. Die Größe dieser Ordinate N Q bis zu ihrem Schnittpunkte mit der Kurve L M gibt den gesamten Bremsweg S an. Von diesem ist die Strecke N P = L R gleich dem Vorbereitungswege. QP ist der eigentliche Bremsweg.

Aus dem Wegdiagramm ist nun noch das Arbeitsdiagramm (Abb. 8d) abzuleiten. Hierzu entnimmt man für eine beliebige Zeit t_3 den bis dahin zurückgelegten Weg s_3 als Ordinate der Kurve L Q. Zu der Zeit t_3 hatte der Druck im Bremszylinder einen Wert ξ_3, den man aus Abb. 8a ablesen kann. Der Klotzdruck zur Zeit t_3 war daher: $Kl_3 = \frac{F . \eta . i}{1000} . \xi_3 = 2{,}8 . \xi_3$ (z. B. $t_3 = 35''$; $\xi_3 = 3{,}2$ kg/cm²; $Kl_3 = 2{,}8 . 3{,}2 = 9{,}0$ t). Trägt man diese Kraft senkrecht zum Wege s_3 auf, so erhält man die gesuchte Abhängigkeit zwischen Kraft und Weg. In Abb. 8d stellt also die schraffierte Fläche $\int Kl . ds$ dar. Verwandelt man diese Fläche in ein Rechteck mit der Basis S — s, so ergibt sich der gesuchte Wert ψ. Für das vorliegende Beispiel ist $\psi = 0{,}47$.

Die Rechnung ist mit einem mittleren Reibungswerte μ_m durchgeführt worden. Wird eine genauere Ermittlung gewünscht, so kann man mit Hilfe einer Schaulinie, welche den Augenblickswert von μ in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit angibt, für eine beliebige Zeit t_3 den Wert $\mu_3 . Kl_3$ aus den Abb. 8a und 8b berechnen und dann $\mu_3 . Kl_3$ statt Kl_3 in Abb. 8d als Ordinate auftragen. So erhält man $\int \mu . Kl . ds$ oder rückwärts einen Wert für μ_m, indem man $\mu_m . \int Kl . ds = \int \mu . Kl . ds$ setzt.

2. Bestimmung eines Bremswertes.

Es sei eine bestimmte Bremsanordnung und deren Bremsdruckschaulinie gegeben. Es soll die Aufgabe gelöst werden, für diese den Bremswert zu ermitteln, welcher zu einer vorhandenen Bremstafel paßt. Zu diesem Zweck entnimmt man für eine beliebige Geschwindigkeit (z. B. $V_0 = 55$ km/h)



a) Geschwindigkeitsdiagramm.

b) Wegdiagramm.

Abb. 9. Bestimmung eines Bremswertes.

und eine beliebige Neigung (z. B. 1 : ∞) die zugehörigen Bremsprozente aus der Bremstafel. Es seien für die wagrechte Strecke b = 17 Bremsprozente vorgeschrieben. Dann berechnet man wie vorstehend die Konstante der Bremse. Nimmt man dieselbe Bremsanordnung an, wie im vorigen Beispiel, so ist $C_3 = 0{,}0587$. Da der Bremswert zunächst als unbekannt anzusehen ist, schätzt man ihn ab, z. B. zu $G_0 = 12$ t. Für diesen Wert zeichnet man genau in der bisher beschriebenen Weise die Geschwindigkeitskurve A B auf (Abb. 9a). Aus dem Schnittpunkte dieser Kurve mit einer Parallelen zur X-Achse im Abstande von 15,3 m/sec ergibt sich, daß die Bremszeit (5 + 60,5) Sekunden betragen würde. Zeichnet man nun die zugehörige Wegkurve H J (Abb. 9b), so findet man aus dieser, daß der Bremszeit von (5 + 60,5) Sekunden ein Bremsweg von 650 m entspricht. Er ist also zu klein. Man wiederholt daher die gleichen Ermittlungen für einen größeren Bremswert, z. B. $G_0 = 15$ t. Diesem entspricht eine Geschwindigkeitskurve A C und eine Wegkurve H K. Aus ersterer ergibt sich die Bremszeit zu (5 + 68) Sekunden und aus letzerer der zugehörige Bremsweg zu 730 m. Er ist also etwas zu groß. Zieht man nun in Abb. 9b die Verbindungslinie I K und im Abstande von 700 m eine Parallele zur X-Achse, so ist der Schnittpunkt L dieser beiden Linien der Endpunkt der Wegkurve, welche für den gesuchten Bremswert G_0 gilt. Man kann daher aus der Abb. 9b ablesen, daß der „Verzögerungsweg“ s' für den gesuchten Bremswert 330 m und die Bremszeit (5 + 66) Sekunden ist. Nun ist aber

$$s' = C_3 \cdot \frac{b}{G_0} \cdot \sigma \text{ oder } G_0 = C_3 \cdot b \cdot \frac{\sigma}{s'}.$$

Es war $C_3 = 0{,}0587$, b = 17; der zu 66 Sekunden gehörige Wert von σ ist nach Abb. 7d gleich 4700. Demnach ergibt sich:

$$G_0 = 0{,}0587 \cdot 17 \cdot \frac{4700}{330} = 14{,}2 \text{t}.$$

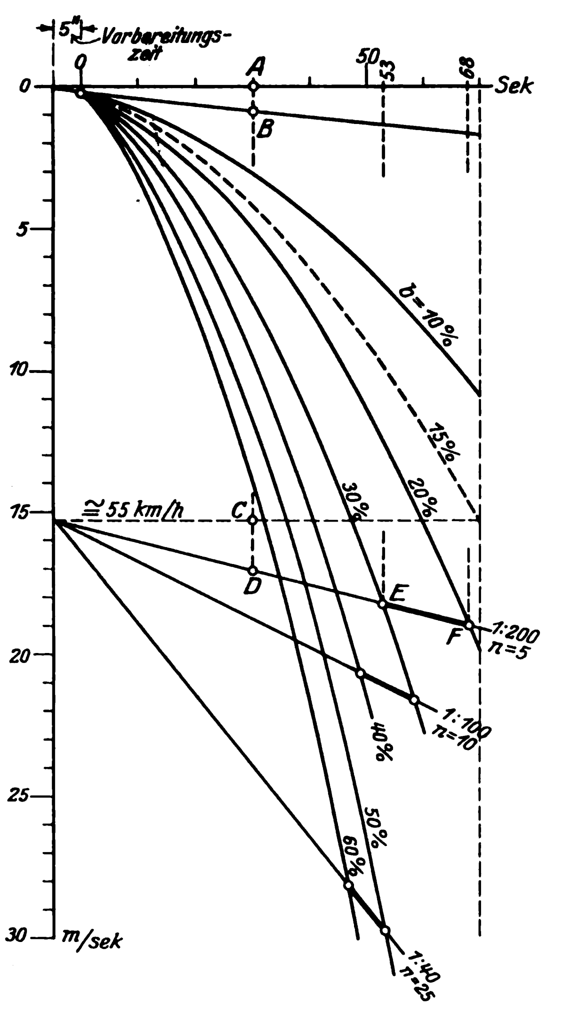
3. Aufstellen einer neuen Bremstafel.

Es sei für eine bestimmte Bremsanordnung und eine bekannte Bremsdruckschaulinie der Bremswert G_0 gegeben. Für diese Bremse soll nun eine Bremstafel völlig neu aufgestellt werden. Will man die Bremsprozente nicht nach einer festgelegten Formel und mit einem Mittelwerte von ψ berechnen, sondern sie in genauerer Weise bestimmen, so kann dies auf folgendem Wege geschehen.

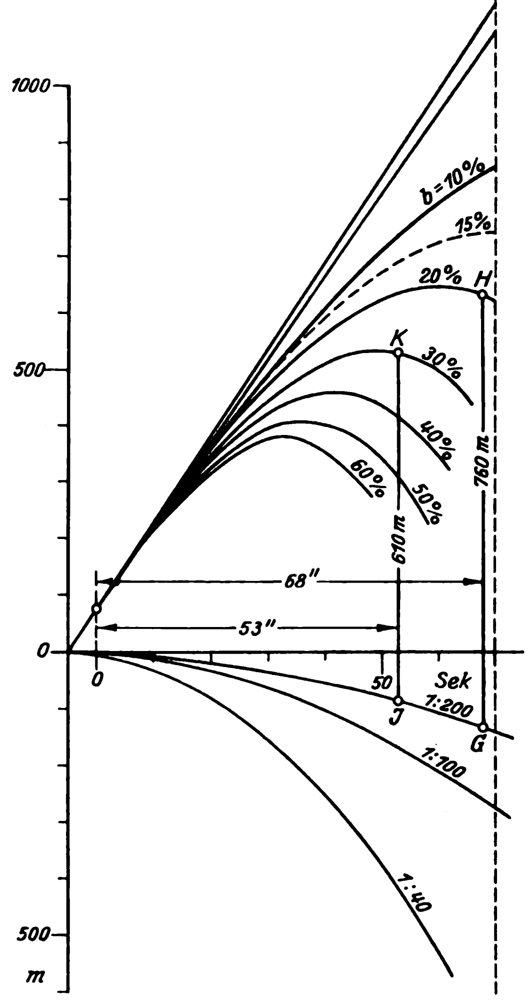
Man zeichnet sich für eine beliebig gewählte Geschwindigkeit (z. B. $V_0 = 55$ km/h oder $v_0 = 15{,}3$ m/sec) wiederum in der bisher beschriebenen Weise die Geschwindigkeitskurven sowie die Wegkurven auf, und zwar sowohl für b = 10 als auch für b = 20, 30, 40 usw. — Bremsprozente. Hierbei ergeben sich die Kurvenscharen in Abb. 10. Deren Ordinaten können aus der Kurve für b = 10 abgeleitet werden, indem man die Ordinaten der letzteren mit 2 bzw. 3, 4, 5 usw. multipliziert. Zur Berücksichtigung der Wirkung der Schwerkraftkomponente ist in Abb. 10a im Abstand von 15,3 m/sec unter der X-Achse noch ein Strahlenbündel gezeichnet, das der Geschwindigkeitszunahme für die verschiedenen Neigungen entspricht (z. B. n = 5, 10, 25). Dann gibt z. B. die Strecke C D die Geschwindigkeitszunahme nach (5 + 30) Sekunden an. A C ist die ursprüngliche Geschwindigkeit. Von dieser ist A B infolge des Eigenwiderstandes abzuziehen. Dafür kommt aber im Gefälle die Strecke C D hinzu, welche einer Geschwindigkeitszunahme entspricht von $v' = \frac{n \cdot g}{1000} \cdot t$, (z. B. $v' = \frac{5 \cdot 10}{1000} \cdot 35 = 1{,}75$ m/sec). In den Wegkurven Abb. 10b ist die Zunahme des Weges infolge des Gefälles durch die Parabelschar $\left(s''' = \frac{1}{2} \cdot \frac{n \cdot g}{1000} \cdot t^2\right)$ berücksichtigt, welche unterhalb der X-Achse aufgetragen ist. Bei den gezeichneten Beispielen ist angenommen worden, daß die Anfangsgeschwindigkeit während der Vorbereitungszeit durch die Wirkung des Gefälles zunimmt.

Um nun die Bremsprozente bei der angenommenen Anfangsgeschwindigkeit für eine bestimmte Neigung (z. B. n = 5) zu ermitteln, stellt man aus Abb. 10a fest, nach welcher Zeit der Wagen bei 20 bzw. 30 Bremsprozenten zum Stillstand

kommen würde. Es sind hierfür die Schnittpunkte E bzw. F maßgebend. Nach der Abb. 10a beträgt die Bremszeit in



a) Geschwindigkeitsdiagramm.



b) Wegdiagramm.

Abb. 10. Aufstellen einer neuen Bremstafel.

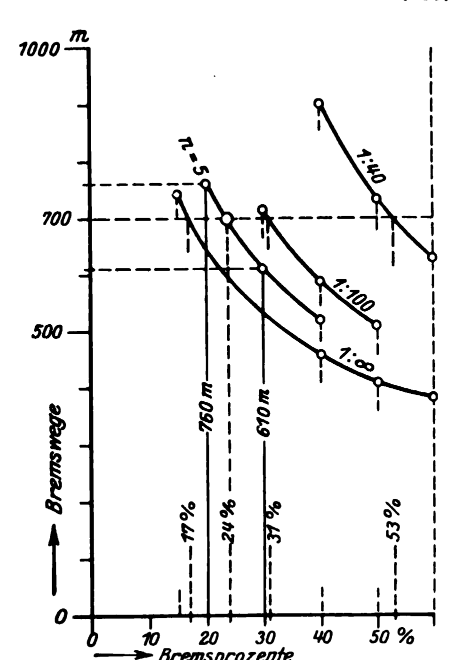


Abb. 11. Bestimmung der Bremsprozente.

dem angenommenen Gefälle bei 20 Bremsprozenten (5 + 68) Sekunden, bei 30 Bremsprozenten dagegen (5 + 53) Sekunden.

Zu diesen Bremszeiten gehören nach Abb. 10b die Bremswege G H = 760 m und I K = 610 m. In entsprechender Weise bestimmt man die Bremswege für andere Neigungen und andere Bremsprozente. Die gesuchten Werte für die Bremstafeln findet man dann durch Interpolation indem man die Bremsprozente 10, 20, 30 usw. als Abszissen und die bei den verschiedenen Neigungen hierzu gehörigen Bremswege als Ordinaten aufträgt. Hierdurch ergibt sich die in Abb. 11 dargestellte Kurvenschar. Zieht man wieder im Abstand von 700 m eine Parallele zur X-Achse, so braucht man nur die Schnittpunkte der Kurvenschar mit dieser Parallelen auf die X-Achse herunterzuloten um die gesuchten Bremsprozente ablesen zu können. Für die

Neigung . . . . n = 0 5 10 25
ergibt sich . . . . b = 17 24 31 53.
Die Tafel B der BO. schreibt vergleichsweise für diese Fälle vor . . . . . . b′ = 17 24 30 52.

Auf diese Weise lassen sich aus den Abb. 10 und 11 alle Bremsprozente für beliebige Neigungen bei der angenommenen Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 55$ km/h ableiten. Für andere Anfangsgeschwindigkeiten müssen entsprechende Figuren neu aufgezeichnet werden.

Schlußbemerkungen.

Die vorstehenden Ausführungen sind durchaus nicht in der Absicht geschrieben, einen Ersatz für die Bremsversuche zu schaffen. Letztere werden natürlich jederzeit als endgültig entscheidend anzusehen sein. Es ist aber versucht worden,

durch die obigen Darlegungen den inneren Zusammenhang zwischen der bisherigen Berechnung nach Achsen und der neueren Berechnung nach Bremswerten klarzustellen. Gleichzeitig sollte hierdurch ein tieferer Einblick in die Abhängigkeiten gegeben werden die zwischen der Größe des Bremsweges und den verschiedenen Faktoren bestehen, die ihn beeinflussen. Diese Kenntnis ist als Grundlage für die Beurteilung und Auswertung der Versuchsergebnisse unentbehrlich. Die angestellten Betrachtungen dürften auch dann von Nutzen sein, wenn es sich darum handelt, die Bremswirkung für außergewöhnliche Bremsanordnungen oder für außergewöhnliche Betriebsverhältnisse überschläglich zu bestimmen. Außerdem bieten die Ausführungen ein Mittel, um für den internationalen Verkehr bei dem Übergang von Wagen aus einem Bahnnetz in das andere die Wirkung der verschiedenen Bremssysteme gegeneinander abzuschätzen.

Bemerkungen zum Aufbau von Brückenmeistereien.

Von Reichsbahndiplomingenieur **Neustätter,** Stuttgart.

Das Bedürfnis, für die Unterhaltung der Betriebsbrücken besondere Brückenmeistereien zu bilden, wird mehr und mehr erkannt. Die frühere Abneigung gegen solche Einrichtungen war vielfach auf die Anschauung gegründet, daß die Errichtung weiterer bahneigener Werkstätten nicht angängig sei. Diese Auffassung mag dadurch entstanden sein, daß durch die ursprüngliche Bezeichnung „Brückenwerkstätte“ eine falsche Vorstellung von dem in Betracht kommenden Tätigkeitsgebiet erweckt wurde. In Wirklichkeit liegen die Aufgaben der Brückenmeistereien überwiegend im Bahnunterhaltungsdienst; die zugehörigen Schlossereien aber sollen hauptsächlich Behelfszwecken dienen, haben also nicht die Eigenschaft der auf fortlaufende Neuherstellung oder Ausbesserung von Gegenständen eingestellten Werkstätten. Wenn die älteste Brückenmeisterei der Reichsbahn (Kornwestheim) ihren Aufgabenkreis in Anpassung an die besonderen Bedürfnisse der Nachkriegszeit und in Ausnützung günstiger Gelegenheiten über diesen Rahmen hinaus erweitern konnte, so darf nicht übersehen werden, daß es sich hier um eine fortgeschrittene Entwicklungsstufe handelt, mit der die Verhältnisse, wie sie sich bei Neueinrichtung einer Brückenmeisterei darstellen, nicht verglichen werden können. So sind denn auch die da und dort noch bestehenden Bedenken hinsichtlich der Zweckbestimmung, der Wirtschaftlichkeit und des Aufbaus von Brückenmeistereien zu verstehen, wenn die Kornwestheimer Anlage in ihrem derzeitigen Umfang als Vorbild für neu zu gründende Brückenmeistereien gedacht ist.

Brückenmeistereien können nur allmählich ausgebaut werden. Ihre Wirtschaftlichkeit ist in den einzelnen Direktionsbezirken zu verschieden und zu schwer erkennbar, als daß sich eine Norm für ihre zweckmäßige Ausdehnung geben ließe. Grundfrage ist: Welche bei der Brückenunterhaltung anfallenden Arbeiten sind im Selbstbetrieb auszuführen und welche sind Unternehmern zuzuweisen? Daß die regelmäßigen Brückenuntersuchungen nur durch Bedienstete der Verwaltung selbst durchgeführt werden sollten, unterliegt keinem Zweifel. Die Erfahrungen mit den Arbeitskräften, die zu diesen Untersuchungen in der Regel verfügbar waren, gaben den ersten Fingerzeig zur Heranbildung eines Stammes von Brückenschlossern. Man war genötigt, mitunter Bahnarbeiter heranzuziehen, die, um nur ein Beispiel anzuführen, von den Anforderungen, die an die Nietung zu stellen sind, meistens keine Ahnung hatten. Die Folge war ein planloses Herumklopfen auf den Brücken, das besser unterblieben wäre. Häufiger verwendete man Arbeiter, die aus irgendeiner Eisenbahnwerkstätte vorübergehend herausgezogen wurden. Aber auch hierbei zeigte sich, daß ein zuverlässiges Untersuchungsergebnis nur mit gut geschulten Brückenschlossern zu erreichen ist. Die Werkstättenarbeiter haben eben für die oft recht verwickelten Vorgänge auf eisernen Brücken kein Verständnis. Die Besichtigung der nicht immer mit besonderen Stegen ausgerüsteten, eisernen Tragwerke erfordert große Gewandtheit im Klettern sowie Schwindelfreiheit. Ohne ständige Übung tritt das Gefühl der Unsicherheit ein, das der Zuverlässigkeit des Prüfungsergebnisses Abbruch tut. Die „Vorschriften für die Überwachung und Prüfung der Brücken, Hallen und Dächer“ schreiben wohl vor, daß durch Gerüste und Schutzvorrichtungen dafür zu sorgen ist, daß alle Teile genau und ohne Gefährdungen untersucht werden können. Diese Bestimmung kann aber nur als eine Warnung vor Waghalsigkeiten aufgefaßt werden. Denn praktisch wäre es natürlich nur mit unverhältnismäßig hohen Kosten und Zeitaufwand möglich, überall fliegende Gerüste (noch dazu mit Geländern) anzubringen, um an alle Brückenteile heranzukommen. Das Einrüsten hochgelegener Brücken ist für Ungeübte mit größeren Gefahren verbunden als das Entlanglaufen an einer unteren Hauptträgergurtung für einen gewandten Brückenschlosser. Vollends das Anseilen kommt beim Durchklettern einer Brücke nicht in Frage, weil sich ja das Seil fortwährend verhängen würde oder ununterbrochen aus- und eingehängt werden müßte. Es ist unverantwortlich, nicht genügend geübte Leute mit Brückenuntersuchungen zu beauftragen. Auch für die Überwachung im Bau befindlicher Brücken stehen meist keine geübten Facharbeiter zur Verfügung, so daß die Aufsichtsbeamten neben der Prüfung nach Ingenieurgesichtspunkten auch die handwerksmäßige Untersuchung in den Werkstätten und auf der Baustelle vornehmen müssen, obwohl dies nicht ihre Aufgabe ist. Für ungenügend durchgeprüfte, neue Brückentragwerke entsteht schon bald ein größerer Unterhaltungsaufwand, der vermieden werden kann, wenn der Zusammenbau sachgemäß überwacht wird.

Die Gründe für die Ausführung kleinerer Verbesserungen an Brücken im Selbstbetrieb sind in dem Aufsatz „Bahneigene Brückenwerkstätten“ in der Zeitschrift des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen Nr. 36 vom 28. September 1922 besprochen. Im wesentlichen gilt das dort Gesagte auch heute noch. Man wird derartige Verbesserungen unter allen Umständen in das Programm für neu zu errichtende Brückenmeistereien aufzunehmen haben. Für kleinste Ausbesserungen und Ergänzungen an einzelnen Überbauten, die weiter auseinanderliegen, ist der Selbstbetrieb zweifellos wirtschaftlich überlegen. Zahlreiche Kostenvergleiche beweisen dies selbst bei ungünstigem Ansatz der Verwaltungskostenzuschläge. Wenn z. B. an einer Brücke zwei Niete zu befestigen sind, an der in 10 km Abstand folgenden ein Lager reguliert werden muß, an einer weiteren, wiederum ungefähr gleich weit entfernten ein offener Stoß zu decken ist, wird die Heranziehung einer Brückenbauanstalt kostspielig. Die Brückenmeistereien verfügen über fliegende Werkstätten, die sie in eigens dazu eingerichteten Bahnwagen an die der Baustelle nächst gelegene Station bringen können. Hierin liegt eine Überlegenheit gegenüber den Baustelleneinrichtungen von Unternehmern, die erst für größere Arbeiten wirtschaftlich werden. Mit der Vergebung kleiner Verbesserungsarbeiten an Schlossereibesitzer ohne Fachkenntnisse aus der Gegend der Baustelle sind nicht immer gute Erfahrungen gemacht worden. Die Arbeiten werden am zuverlässigsten durch eigens hierzu abgerichtete Brückenschlosser ausgeführt. Dagegen wird sich die Ausführung kleiner Verbesserungen in größerer Zahl auf nur einer Baustelle, etwa die Verstärkung einiger Hundert

Trägeranschlüsse auch deshalb zur Vergebung an Eisenbauanstalten besser eignen, weil die Zuschläge, die der Unternehmer für Unkosten, Risiko und Gewinn ansetzen muß, im umgekehrten Verhältnis zur Größe des Auftrags stehen.

Eine der Hauptaufgaben der Brückenmeistereien ist die Lagerhaltung zweckmäßig ausgebildeter Hilfsbrücken und Gerüste zur Überbrückung von Baugruben oder zur Unterstützung von Betriebsbrücken sowie deren Ein- und Ausbau. Dabei sind die Gerüste derart genormt, daß sie in den verschiedensten Fällen, wenn nötig nach kleinen Ergänzungen, wieder verwendet werden können. Durch die Vorhaltung dieser Hilfsmittel werden besonders die Mauerwerksarbeiten oft sehr vereinfacht und verbilligt, wobei gleichzeitig eine größere Betriebssicherheit erreicht wird. Auch die Auswechslung von kleineren Brücken in Betriebsgleisen geschieht vorteilhaft durch Brückenmeistereien. Die Brückenunterhaltung wird in den kommenden Jahren vor umfangreiche Aufgaben hinsichtlich der Mauerwerkskörper gestellt sein. Die Zerdrückung und Lockerung von Auflagerschichten, die Verwitterung der Widerlager und Flügel schreiten fort, der Zustand älterer Gewölbe verschlechtert sich, wie denn überhaupt die Lebensdauer des Brückengemäuers im Mittel nur mit 90 Jahren bewertet werden kann und somit fortlaufend zahlreiche Bauwerke von Grund aus zu erneuern sein werden. Zur Ermöglichung der hiermit zusammenhängenden Umbauarbeiten müssen nun, wenn eine gewöhnliche Gleisaufhängung oder Sicherung durch Böcke nicht mehr ausreicht, Hilfsbrücken verwendet werden. Deren Ein- und Ausbau geschieht mittels Kranwagen. Welche Möglichkeiten hier gegeben sind, ist aus der Abhandlung von Dr. Ing. Schaechterle „Über Auswechslung eiserner Bahnbrücken mit Kranwagen" Bautechnik 1928, Heft 41 u. f. ersichtlich. Die Bedienung der Kranwagen und die Verlegung von Hilfsbrücken kann nur durch besonders hierfür eingeschulte Kräfte geschehen, wenn schwere Unfälle und Betriebsstörungen vermieden werden sollen. Insbesondere kann es den Mauerwerksunternehmern nicht überlassen werden, Hilfsbrücken einzubauen. Die geeigneten Stellen zur Ausbildung und Überwachung dieser Arbeitskräfte sind die Brückenmeistereien. Reichsbahndirektionen ohne Brückenmeisterei werden in Zukunft mehr und mehr darauf angewiesen sein, wegen Stellung der Kranführer und Ausleihung der Hilfsbrücken und Hebezeuge sich an andere Direktionen mit Brückenmeisterei zu wenden, wenn sie nicht den für solche Arbeiten unwirtschaftlichen und vom Standpunkt der Betriebssicherheit kaum gangbaren Weg der Vergebung beschreiten wollen. Das Herumschicken der Kranführer und Brückenschlosser und ihrer Geräte auf weite Entfernungen ist kostspielig, zeitraubend und meist störend für das Bauprogramm beider Seiten. Also auch hier ist das Bedürfnis nach Brückenmeistereien allgemein.

Die Größe des Gebiets, das von einer Brückenmeisterei bearbeitet werden kann, hängt von der Anzahl, der Lage, der Bauart, den Ausmaßen und dem baulichen Zustand der in Betracht zu ziehenden Brücken ab. Im allgemeinen wird eine Brückenmeisterei für einen Direktionsbezirk ausreichen. Die Zusammenfassung mehrerer kleinerer Direktionsbezirke zwecks Bearbeitung durch eine Brückenmeisterei ist nur denkbar, wenn deren Sitz so gewählt werden kann, daß einerseits seine Entfernung von dem aufsichtsführenden Brückenbüro nicht zu groß ist, andererseits die Brückenschlosser die Baustellen ohne allzulange Reisezeit erreichen und leicht von einem Arbeitsplatz zum andern wechseln können. Es muß auch möglich sein, die Baustoffe auf kurzem Wege ohne Verzögerung zur Bearbeitung und Anpassung zwischen Schlosserei und Baustelle hin- und herzuschicken. Immerhin werden bei der Bedienung mehrerer Direktionen durch nur eine Brückenmeisterei gewisse Unzuträglichkeiten in der Auftragserteilung, der Überwachung und der Abrechnung unvermeidlich sein.

Der Wunsch, bei der Neueinrichtung von Brückenmeistereien sogleich eine möglichst leistungsfähige Werkstätte zu errichten, erscheint abwegig. Für den Anfang kann schon eine einigermaßen gut eingerichtete Betriebsamtsschlosserei, die mit wenig Aufwand für die besonderen Zwecke ausgebaut wird, als ausreichend angesehen werden. Denn hier sozusagen gleich aufs ganze gehen zu wollen, dürfte schon daran scheitern, daß die Heranziehung und Ausbildung geeigneter Kräfte zu schwierig ist. Dem Leiter der Einrichtung, der neben größeren Erfahrungen im Brückenbau über Kenntnisse im allgemeinen Maschinenbau und Werkstattwesen verfügen soll, obliegt es, selbständige Brückenschlosser ausfindig zu machen, die den nötigen Blick für den gedachten Wirkungskreis haben. Er hat sie in der Kranbedienung und im Verlegen von Hilfsbrücken auszubilden und zu den kleinen Verbesserungen anzuleiten. Man täusche sich nicht über die Aussichten, in kurzer Zeit eine zuverlässige Brückenrotte zusammenzubringen. Eine Tätigkeit, die das ganze Jahr über bei jeder Witterung im Freien oft unter wochenlanger Abwesenheit vom Wohnsitz ausgeübt werden muß, ist wenig gesucht, wie das geringe Angebot an tüchtigen Brückenschlossern zeigt. Erst wenn es gelungen ist, einen Stamm von eingelernten Arbeitern zu schaffen, worüber Jahre vergehen können, sollte darangegangen werden, die Brückenmeisterei allmählich den Bedürfnissen entsprechend zu erweitern. Man braucht bei solch schrittweisen Vorgehen dann auch keine Bedenken wegen der Möglichkeit fortlaufender Beschäftigung zu hegen; denn es wird sich überreichlich Arbeit einstellen.

Der Anschluß von Brückenmeistereien an Reichsbahnausbesserungswerke hieße letzteren einen Fremdkörper einfügen. Angenommen selbst, die neu zu gründenden Brückenmeistereien würden der Entwicklung der württembergischen folgen, was indes nicht wahrscheinlich ist, so würde ihr Schwerpunkt doch immer im Bahnunterhaltungsdienst bleiben. Von den acht Schlossern der Brückenmeisterei Kornwestheim werden jährlich rund 2400 Tagwerke geleistet, die sich etwa wie folgt verteilen:

Prüfung alter und neuer Brücken	380 Tagwerke
Kleinere Verbesserungen an eisernen Brücken	250 Tagwerke
Beihilfe beim Ein- und Ausbau von Brücken, Hilfsbrücken, Hilfsgerüsten	500 Tagwerke
Abbrechen alter Brücken und Aufsicht beim Verladen von Brückenteilen	70 Tagwerke
Vorbereitung für das Auswechseln von Brücken, Instandsetzen der Hilfsbrücken und Hebezeuge	200 Tagwerke
zusammen Außendienst . .	1400 Tagwerke

600 weitere Tagwerke entfallen auf das Zurichten wiederverwendbarer älterer Überbauten und auf die Bearbeitung der Werkstoffe, die für kleinere Verbesserungen auf die Baustellen zu bringen sind, wie Ablängen und Bohren von Decklaschen und Winkeln, Anfertigen von Schwellenbefestigungsteilen, Geländern und ähnlichem. Diese Arbeiten werden vorwiegend dann ausgeführt, wenn die Schlosser am Sitz der Brückenmeisterei weilen, am Wochenschluß und wenn vorübergehend keine auswärtige Beschäftigung vorliegt. Die restlichen 400 Tagwerke werden bei der Bearbeitung von Trägern zu Verbundbrücken geleistet. Wenn also schon eine voll ausgebaute Brückenmeisterei nicht in den Rahmen eines Ausbesserungswerks paßt, so kann dies viel weniger für eine im Entstehen begriffene der Fall sein. Da die Verfügung über die Hilfsbrücken, Hebezeuge einschließlich schwerer Kranwagen, Prüfungsgeräte und Werkzeuge die engste Zusammenarbeit zwischen Brückenbüro und Brückenmeisterei erfordert, beide aber dem Dezernat für Brücken- und Ingenieurhochbauten unterstehen, würden auch Schwierigkeiten in der

Auftragserteilung durch das Werk, das einem maschinentechnischen Dezernenten untersteht, auftreten. Die nötigen Anordnungen können nicht auf längere Sicht getroffen werden, die Schlosser müssen vielmehr in kürzester Zeit von einer auf die andere Baustelle verschickt werden können. Je weniger Mittelspersonen dabei auftreten, desto glatter verläuft die Abwicklung des Auftrags. Bei den Leitern der ganz auf Maschinen- oder Wagenbau zugeschnittenen Werkstätten kann die erforderliche Sachkenntnis für den Brückenbau, bei dem überwiegend bautechnische und statische Gesichtspunkte mitsprechen, auch nicht vorausgesetzt werden. Die Bewirtschaftung von Brückenmeistereien gestattet eine einfache Buchführung und Verrechnung der Arbeiten. Abgesehen von den Walzträgern zu Verbundbrücken, die nur mit wenigen Löchern versehen werden, beträgt der jährliche Bedarf einer ausgebauten Brückenmeisterei an neuem Eisen schätzungsweise 6 t. Die Gesamtlöhne stellen sich auf rund 50000 *RM*, das ist etwa die Hälfte des Lohnanfalls einer kleinen Bahnmeisterei. Es ist klar, daß hierfür das ausgedehnte Rechnungswesen der Eisenbahnwerkstätten mit einem hundertfach größeren Jahresumsatz an Baustoffen und Löhnen nicht am Platz ist. Die meisten Arbeiten der Brückenmeisterei werden überdies auf die bei den Betriebsämtern geführten Kostenanschläge verrechnet.

Es ist eingewendet worden, daß nicht alle Maschinen, die einer Brückenschlosserei zugeteilt sind, voll ausgenützt werden könnten. Dabei wird übersehen, daß die Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit bei einer Einrichtung, die hauptsächlich der Betriebssicherheit dienen soll, nicht überspannt werden dürfen. Auch kann kein Baubetrieb seine Baumaschinen ununterbrochen im Lauf halten, da er ja stark von der Jahreszeit abhängt. Eine Brückenschlosserei kann nicht für Fließarbeit eingerichtet werden. Es genügt daher auch, wenigstens für den Anfang, ältere Maschinen, die in größeren Eisenbahnwerkstätten nicht mehr genügend leistungsfähig sind und ausgeschieden werden sollen, den Brückenmeistereien zuzuweisen. Aber selbst, wenn man den Fall setzt, daß eine Schlosserei bei einem Aufwand von 30000 *RM* mit durchweg neuen Maschinen ausgestattet wird, würde dies bei 8% Verzinsung und 10% Amortisation des Anlagekapitals einen Jahresaufwand von 5400 *RM* bedeuten. Nimmt man an, daß die Maschinen im Durchschnitt nur zu $^3/_4$ ausgenützt sind, so ist der Verlust durch Leerlauf etwa 1500 *RM*. Was bedeutet dieser Betrag gegenüber den Werten, die durch eine Brückenmeisterei zu erhalten sind? Es wird niemanden einfallen zu verlangen, daß, wenn einmal mehrere schwere Kranwagen oder eine Anzahl von Hilfsbrücken angeschafft sind, sie nun auch alle Tage benützt werden müssen. Ebensowenig können dergleichen Forderungen für den Gebrauch der Maschinen der Brückenschlosserei erhoben werden. Die Ersparnisse, die der Selbstbetrieb im Gefolge hat, sind so bedeutend, daß die kleine Erhöhung der Unkosten durch zeitweilige Stillage einzelner Maschinen keine Rolle spielt. Als Beispiel dafür möge angeführt werden, daß die Beschaffung und Zurichtung von Trägern zu einem größeren Verbundtragwerke im Gewicht von 180 t — bei 100% Verwaltungszuschlag auf die Löhne — im Selbstbetrieb auf 166 *RM*/t zu stehen kam, während die Vergebung 200 *RM*/t erfordert hätte. Der Kostenunterschied beträgt somit rund 6000 *RM*. Wenn die Bearbeitung von I-Trägern für Verbundträger wirtschaftlich sein soll, sind aber neuzeitliche Bohrmaschinen und leistungsfähige Krane notwendig. Dagegen wäre es kurzsichtig, die Überlegenheit von Eisenbauanstalten in der Herstellung von Blechträgern und Fachwerkbrücken anzuzweifeln. Für diese Arbeiten bedarf es einer umfangreichen und teueren Werkstatteinrichtung mit zahlreichen zeitgemäßen Maschinen zum Hobeln, Richten, Schneiden, Fräsen, Sägen von Blechen und Winkeln, sowie anderer Anlagen, deren wirtschaftliche Ausnützung bei den dem Selbstbetrieb gezogenen Grenzen nicht gewährleistet ist. Man sollte sich aber davor hüten, sich auf Arbeiten zu verlegen, die mit den Aufgaben einer Brückenmeisterei nichts zu tun haben.

Fliegende Bahnunterhaltungstrupps (Bautrupps) bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft hat vor kurzem organisatorische und technische Bestimmungen für die Aufstellung fliegender Bahnunterhaltungstrupps (Bautrupps) getroffen. Die Bahnunterhaltung, insbesondere Gleisarbeit läßt sich zweckmäßig und wirtschaftlich nur in der guten Jahreszeit ausführen. Diese Arbeiten drängen sich daher auf einen Teil des Jahres zusammen. Der Umfang der in einem Bezirk anfallenden Arbeiten ist auch nicht in jedem Jahre gleich. Die ständig beschäftigten Bahnunterhaltungsarbeiter (Stammarbeiter) deren Zahl nach dem regelmäßig während des ganzen Jahres gleichmäßig aufkommenden Arbeitsanfall zu bemessen ist, reichen zu ihrer Bewältigung nicht aus. Es werden daher sog. Zeitarbeiter eingestellt, wenn hierfür in der in Frage kommenden Jahreszeit geeignete Arbeitskräfte zu haben sind. In Industriegegenden ist das vielfach nicht möglich. Andere Gegenden haben Überfluß an geeigneten Kräften. In Industriebezirken mit ihrem dichten Eisenbahnnetz und ihrem starken Verkehr besteht jedoch der größte Bedarf an Bahnunterhaltungsarbeitern. Der Mangel an Unterkunft läßt nicht zu, den anderorts bestehenden Überschuß an Arbeitskräften auf einige Monate des Jahres dorthin zu verpflanzen. Diese Schwierigkeiten lassen sich beseitigen, wenn die in gewissen Gegenden überschüssigen Arbeitskräfte in „Bautrupps" zusammengefaßt und dort angesetzt werden, wo an Ort und Stelle geeignete Arbeitskräfte nicht in genügender Zahl zu bekommen sind. Die Bautrupps werden in Wohnzügen untergebracht. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, sie der Reihe nach an verschiedenen Baustellen anzusetzen, ohne daß durch den Wechsel des Unterkunftsortes Schwierigkeiten entstehen können. Die fortschreitende Einführung besonderer Bauweisen bei Gleisarbeiten unter Verwendung von Maschinen und Sondergeräten läßt es besonders erwünscht erscheinen, diese Arbeiten mit geschlossenen und gut geschulten Trupps auszuführen.

Die Bautrupps haben in der Regel eine Stärke von 60 bis 80 Mann. Als Führer ist ein gewandter Oberbahnmeister auszuwählen, dem je nach der Stärke des Trupps drei bis vier geeignete Rottenaufsichtsbeamte und eine Schreibhilfe beizugeben sind. In der Regel ist der Bautrupp ausschließlich aus Zeitarbeitern zu bilden. Ist der Bautrupp mit besonderen Baumaschinen ausgerüstet, so empfiehlt es sich, wenigstens für die Wartung der Maschinen dafür ausgebildete Stammarbeiter zu verwenden. Da der Bautrupp häufig die Arbeitsstelle wechselt und in den Bezirken verschiedener Bahnmeistereien zu arbeiten hat, bildet er eine selbständige Dienststelle. Er untersteht der Reichsbahndirektion in sachlicher und einem Betriebsamt in persönlicher Beziehung. Die Reichsbahndirektion weist dem Bautrupp die Arbeitsstellen und das Arbeitsprogramm zu. Das örtliche Reichsbahnbetriebsamt nimmt die fertige Arbeit ab, ordnet notwendige Nacharbeiten an usw.

Der Wohnzug für den Bautrupp besteht aus der erforderlichen Zahl von Wohnwagen, Küchenwagen, Gerätewagen, Kohlenwagen usw. Jeder Mannschafts-Wohnwagen wird mit sechs, höchstens acht Feldbetten (eine Matratze, Kopfpolster und Decken), kleinen Schränken, Tischen, Schemeln, Waschgeschirren und dergl. ausgestattet. Für den Truppleiter, die Rottenführer und die Schreibhilfe sind besondere Räume zu schaffen. Die für den Truppleiter und die Schreibhilfe vorgesehenen Räume haben Einrichtungen für die Erledigung schriftlicher Arbeiten und Fernsprechanschluß zu erhalten.

Nach der Verfügung haben sich die Bautrupps bei den Reichsbahndirektionen, die solche verwendet haben, in jeder Beziehung bewährt. Es ist mit ihrer Hilfe gelungen, die anfallenden vermehrten Gleisarbeiten nicht nur rechtzeitig und in besonderer Güte und Dauerhaftigkeit, sondern auch wirtschaftlich durchzuführen.

D.

Die selbsttätige Steuerung der Berliner elektrischen Triebwagen.

Von Dipl.-Ing. **R. Spies**, Berlin.

In Heft 17 (1928) dieser Zeitschrift hat Lang über die Elektrisierung der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen berichtet, dabei aber die elektrische Ausrüstung der Triebwagen nur kurz gestreift. Da diese jedoch manche interessante Besonderheit aufweist, seien ihre Grundzüge nachstehend erörtert. Wie Lang schon hervorhob, haben die Triebwagen eine selbsttätige Steuerung erhalten. Das Wesen einer solchen selbsttätigen Steuerung liegt darin, daß die Reglung der Motoren, d. h. das Abschalten der Anfahrwiderstände und das bei mehrmotorigen Gleichstromfahrzeugen übliche Reihen- und Parallelschalten der Motoren bzw. Motorgruppen nicht willkürlich durch den Führer erfolgt, sondern selbsttätig in Abhängigkeit von einem vom Motorstrom durchflossenem Stromwächter, dem sogenannten Fortschaltrelais. Dadurch wird der Triebwagenführer — und das ist einer der wichtigsten betrieblichen Vorteile der selbsttätigen Steuerung — wesentlich entlastet; denn die nichtselbsttätigen Steuerungsarten stellen große Anforderungen an die Aufmerksamkeit des Führers, wenn die für die Stadtbahn erforderliche hohe Anfahrbeschleunigung erzielt werden soll, ohne daß die Strom- und Zugkraftspitzen zu hoch werden und dadurch Schleudergefahr eintritt. Der Führer kann vielmehr seiner eigentlichen Aufgabe, der Beobachtung der Strecke und der Signale, volle Aufmerksamkeit widmen. Ein weiterer Vorteil für die Betriebsunterhaltung ist der Fortfall der zahlreichen Verriegelungsleitungen, die bei den für Vielfachsteuerungen, d. h. Steuerung mehrerer Fahrzeuge von einem Führerstand aus, sonst üblichen Schützensteuerungen erforderlich sind, um Fehlschaltungen der einzelnen Schütze und dadurch etwa entstehende Schäden, z. B. Kurzschlüsse zu verhüten. Diese Verriegelungsleitungen und ihre Kontakte stellen selbst wieder eine Fehlerquelle dar, so daß ihr Fortfall zweifellos die Betriebssicherheit hebt. Auch sind bei einer selbsttätigen Steuerung nur wenige durch den ganzen Zug gehende Steuerleitungen erforderlich. Es können also die Steuerstromkupplungen zwischen den einzelnen Wagen des Zuges klein und handlich gehalten werden.

Das Weiterschalten von einer Schaltstufe auf die nächste erfolgt, wie erwähnt, in Abhängigkeit von dem Fortschaltrelais (Abb. 1). Dieses ist seinem Wesen nach ein Minimalrelais. Die in der Abbildung links erkennbare aus zwei Flachkupferwindungen bestehende Spule ist in den Stromkreis der Triebmotoren geschaltet. Ist der Strom groß, z. B. im Augenblick des Weiterschaltens von einer Stufe auf die nächste, so zieht das Fortschaltrelais seinen Anker an und unterbricht mittels der an dem Anker angebrachten Kontakte (in der Abbildung rechts unten sichtbar) den Steuerstromkreis der selbsttätigen Steuerung. Sinkt infolge der zunehmenden Geschwindigkeit des Fahrzeuges der Motorstrom unter einen gewissen Grenzwert, so vermag das Fortschaltrelais seinen Anker nicht mehr angezogen zu halten. Der Anker fällt ab und schließt mittels seiner Kontakte den Stromkreis für den Antriebsapparat der selbsttätigen Steuerung. Infolgedessen wird durch Drehung der Schaltwalze die nächste Schaltstufe eingeschaltet. Die in der Abb. 1 erkennbare unter der Motorstromspule angeordnete „Zugspule" wirkt in gleichem Sinn wie die Starkstromspule auf den Anker und wird während des Schaltens von einer Fahrstufe auf die nächsthöhere kurzzeitig eingeschaltet, um ein sicheres Anziehen des Ankers zu gewährleisten; denn es ist mit einer einzigen Spule nicht möglich, zwei Grenzwerte für das Anziehen und das Abfallen eines Relaisankers richtig innezuhalten. Die Zugspule ist aber noch aus einem anderen Grunde unbedingt erforderlich. Es könnte nämlich nach kurzem Abschalten der Fall eintreten, daß die Geschwindigkeit des Fahrzeuges beim Wiedereinschalten noch so groß ist, daß der von den Motoren aufgenommene Strom unterhalb des Abfallwertes des Fortschaltrelais liegt, das Fortschaltrelais also seinen Anker nicht anziehen kann. In diesem Fall würde der Antrieb dauernd an Spannung liegen bleiben und nur einen Hub ausführen können. Schließlich ermöglicht es die Zugspule auch, die Schalteinrichtung im Schuppen, wenn also die Motoren überhaupt nicht stromdurchflossen sind, zu prüfen; denn sie ist so stark bemessen, daß sie auch allein den Anker des Fortschaltrelais anzuziehen vermag.

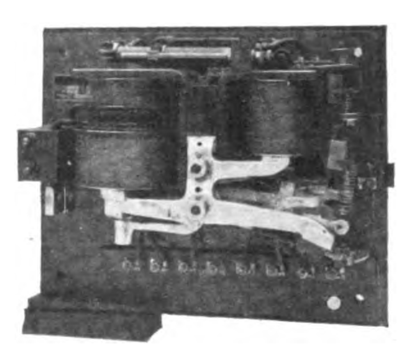


Abb. 1. Fortschaltrelais.

Der schwierigste Bauteil einer selbsttätigen Steuerung ist offenbar der eigentliche Antrieb. Obwohl in Amerika selbsttätige Steuerungen schon seit längerer Zeit mit Erfolg gebaut wurden, lagen in Deutschland Bau- und Betriebserfahrungen noch nicht vor, als nach dem Kriege zunächst die nördlichen Berliner Vorortstrecken auf elektrischen Betrieb umgestellt werden sollten. Um bei der Wichtigkeit der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen für den gesamten Verkehr der Reichshauptstadt vor unliebsamen Zwischenfällen gesichert zu sein, entschloß sich die Reichsbahn daher, zunächst verschiedene Bauarten der selbsttätigen Steuerung eingehend zu erproben. Auf Grund der günstigen Ergebnisse wurde für die Ausrüstung aller reichsbahneigenen Strecken des Berliner Nahverkehrs die von den Bergmann-Elektrizitäts-Werken und den Maffei-Schwartzkopff-Werken entwickelte Steuerung mittels eines elektro-pneumatischen Klinkwerkes gewählt. Dieser Antrieb ermöglicht es ohne weiteres, die bei Straßenbahnen übliche und bewährte Bewegungsart innezuhalten: langsames, genau stufenweises Einschalten, aber schnelles Ausschalten durch unmittelbares Zurückgehen auf die Nullstellung. Denn nur so sind Motoren und Schaltwalze vor unnötigen Beanspruchungen geschützt. Gewöhnliche Druckluft- oder Elektromotoren ergeben diese Bewegungsart nicht ohne weiteres. Sie können nur durch zusätzliche Einrichtungen, wie ausrückbare Kupplungen, Anlaßeinrichtungen, Sperrkontakte, Anschläge das Ziel erreichen. Diese empfindlichen und infolgedessen für Bahnbetrieb nicht geeigneten Maschinenteile sind bei dem elektro-pneumatischen Klinkwerk vollkommen vermieden.

Die Bedienung der selbsttätigen Klinkwerksteuerung im Betrieb ist außerordentlich einfach. Der Führer hat bei Fahrtantritt am Führerschalter die Fahrtrichtung und die gewünschte Beschleunigung einzustellen und sodann zum Einschalten der Motoren einen entsprechend kräftig gehaltenen Druckknopf am Führerschalter niederzudrücken. Weitere Handgriffe sind nicht erforderlich. Das Weiterschalten von einer Fahrstufe zur nächsten besorgt das Fortschaltrelais stets im richtigen Augenblick, so daß unter voller Ausnutzung der Motoren unzulässige Strom- und Zugkraftspitzen und damit Schleudergefahr oder eine Überlastung der Motoren nicht auftreten können.

Die grundsätzliche Wirkungsweise des elektro-pneumatischen Klinkwerkes (Entwurf der Bergmann-Elektrizitäts-Werke) zeigt Abb. 2. Es besteht im wesentlichen aus zwei Druckluftzylindern. Der obere ist der Arbeitszylinder; wenn seine Ventilspule vom elektrischen Strom durchflossen wird, wenn also der Führer zum Anfahren den Druckknopf

niederdrückt, so öffnet sich das Druckluftventil, der Kolben wird nach rechts gedrückt und klinkt das Klinkrad um eine Zahnteilung weiter. Da das Klinkrad mit der Schaltwalze gekuppelt ist, und da eine Zahnteilung genau einer Fahrstufe entspricht, so wird auf diese Weise die nächsthöhere Fahrstufe eingeschaltet. Hat der Arbeitskolben seinen Hub

Abb. 2. Grundsätzliche Wirkungsweise des elektro-pneumatischen Klinkwerkes.

beendet, so schaltet er selbsttätig seine Ventilspule aus und wird von einer Feder wieder in die Anfangsstellung zurückgeworfen, so daß er für einen neuen Schaltvorgang bereit ist. Dieser setzt ein, sobald der Stromkreis der Ventilspule wieder geschlossen wird, sobald nämlich das Fortschaltrelais infolge Absinken des Motorstromes bei zunehmender Geschwindigkeit seinen Anker abfallen läßt; denn wie aus der Abbildung ersichtlich, ist der Stromkreis des Ventils am Arbeitszylinder über den Kontakt am Anker des Fortschaltrelais geführt. Das Spiel der einzelnen Vorschübe wiederholt sich bis zur letzten Fahrstufe, sofern der Führer nicht schon vorher durch Loslassen des Druckknopfes abgeschaltet hat. Jetzt tritt der Rückzugzylinder in Funktion. Sein Ventil läßt Druckluft in den Zylinder eintreten, wenn die Ventilspule stromlos wird. Die Wirkungsweise des Ventils ist hier also gerade umgekehrt wie beim Arbeitszylinder. Die Kolbenstange des Rückzugzylinders ist gezahnt und steht mit einem auf der Klinkradwelle aufgekeilten Ritzel in Eingriff. Bei jedem Arbeitshub wird also der Kolben des Rückzugzylinders um einen entsprechenden Weg mitgenommen. Für eine ganze Umdrehung des Klinkwerkes macht er einen ganzen Hub. Strömt beim Abschalten Druckluft in den Rückzugzylinder ein, so zieht der Rückzugkolben durch Zahnstange und Ritzel die ganze Schaltwalze sofort, ohne sich bei den einzelnen Fahrstufen aufzuhalten, in die Nullstellung zurück. Auf diese Weise erreicht das Klinkwerk der Stadtbahnsteuerung genau die für Schaltwalze und Motoren zuträglichste Bewegungsart, ohne dazu erst besonderer zusätzlicher Einrichtungen zu bedürfen. Auch das äußerst wichtige Einhalten der Stufen ist von vornherein gewährleistet, da diese durch die Teilung des Klinkrades unverrückbar gegeben sind. Vor dem Zurückdrehen des Klinkwerkes in die Nullage muß natürlich die Vorschubklinke und eine weitere, in der Abbildung nicht angegebene „Sperrklinke" ausgehoben werden. Diese Sperrklinke eilt der Vorschubklinke etwas vor und verhindert ein unbeabsichtigtes Zurückgehen des Klinkwerkes in dem Augenblick, in dem die Vorschubklinke beim Rückgang des Arbeitskolbens über einen Klinkradzahn hinweggleitet. Für das Ausheben der beiden Klinken ist ein ebenfalls in dem Übersichtsbild nicht wiedergegebener „Aushebezylinder" vorgesehen. Sein Kolben muß offenbar, soll eine Sperrung des Klinkwerkes vermieden werden, mit Voreilung gegenüber dem Rückzugkolben arbeiten, d. h. erst müssen die Klinken ausgehoben sein und dann darf die Rückwärtsbewegung einsetzen. Der Aushebezylinder ist daher zwischen dem Magnetventil des Rückzugzylinders und diesem angeordnet, so daß sein Kolben erst nach einem zum Ausheben ausreichenden Weg die Luftleitung zum Rückzugzylinder freigibt. Um ein weiches Arbeiten des Klinkwerkes zu erzielen, sind der Arbeits- und der Rückzugzylinder mit je einem gleichachsig zu ihnen liegenden Dämpfungszylinder ausgerüstet. Mit Rücksicht auf die in der Stromschiene zu erwartenden Spannungsabfälle müssen die Grenzen, innerhalb deren das Klinkwerk arbeitet, recht groß sein. Es ist daher vorgeschrieben und auch erreicht worden, daß das Klinkwerk zwischen 45 und 90 Volt (bei normal, d. h. 750 Volt Stromschienenspannung 75 Volt) und zwischen 3 und 6 at einwandfrei arbeitet.

Abb. 3 zeigt das Klinkwerk bei offenem vorderen Schutzkastendeckel. Rechts ist der Flansch des Rückzugdämpfungszylinders zu erkennen sowie das Ritzel der Klinkradwelle. Links neben diesem ist auf der Welle der eine Bordring des Klinkrades zu sehen. In der Mitte ist das Magnetventil des Arbeitszylinders angeordnet, darüber der Arbeitszylinder. Links ist das Magnetventil des Rückzugzylinders ersichtlich.

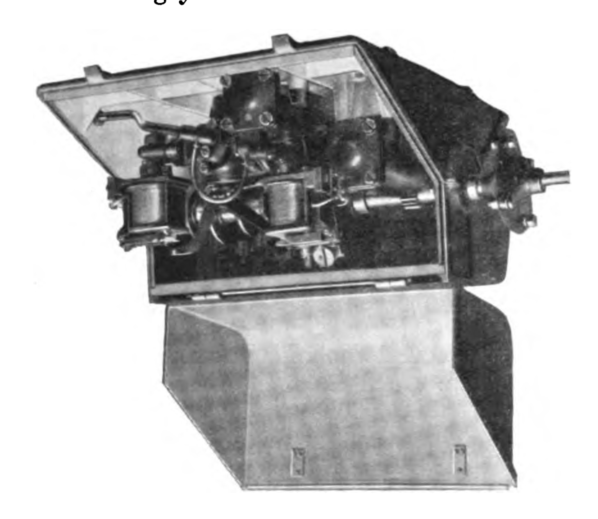


Abb. 3. Klinkwerk.

Die Anordnung von Klinkwerk und Schaltwalze unter dem Triebwagen bei geöffneten vorderen Verschlußdeckeln geht aus Abb. 4 hervor. Der verhältnismäßig große Abstand beider Apparate ist vorgesehen, um geringe Höhenunterschiede der Befestigungen am Wagenteil auszugleichen. Es sind zu diesem Zweck zwei Scheibenkupplungen angeordnet, von denen die an der Schaltwalze gleichzeitig als Isolation dient, da die Schaltwalze (vergl. die weißen

Isolatoren) gegen den Wagenteil isoliert ist, das Klinkwerk dagegen nicht.

Die von dem Klinkwerk angetriebene Schaltwalze kann an sich von beliebiger Bauart sein, etwa wie eine Kontrollerwalze mit Schaltringen und Kontaktfingern. Für die Berliner Stadtbahn wurde jedoch eine Nockenschaltwalze (Entwurf der Maffei-Schwartzkopff-Werke) gewählt. Bei dieser werden die einzelnen Schaltverbindungen des Motorstromkreises durch Druckschalter hergestellt, die von auf der Welle sitzenden der Übergangsstellung ist es wünschenswert, um große Stromspitzen zu vermeiden, bei einem tieferen Grenzwert als auf den anderen Stufen weiter zu schalten. Diesem Zweck dient die oberhalb der Motorstromspule am Fortschaltrelais (s. Abb. 1) vorgesehene Spule. Sie wird auf der Übergangsstufe von einem kleinen auf der Klinkradwelle angeordneten Nockenschalter eingeschaltet und wirkt in gleichem Sinn wie die Motorstromspule, so daß der Anker erst bei niedrigerer Stromstärke abfallen kann.

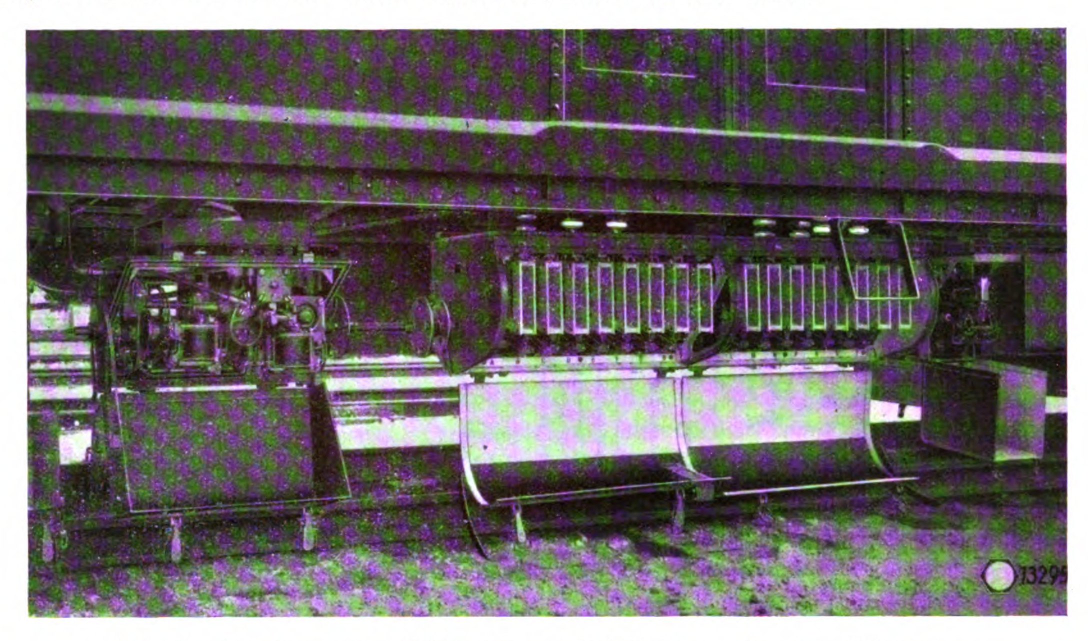


Abb. 4. Anordnung von Klinkwerk und Schaltwalze unter dem Triebwagen.

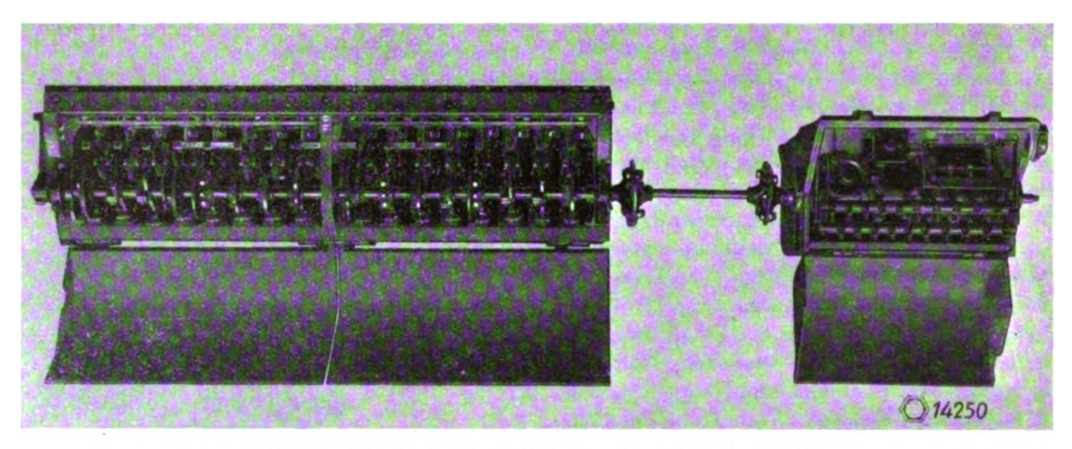


Abb. 5. Rückseite von Klinkwerk und Schaltwalze.

Nockenscheiben ein- und von entsprechenden Kurvenscheiben ausgerückt werden. Jedoch sind die Kurvenscheiben nur auf denjenigen Schaltstufen vorgesehen, auf denen ein Hängenbleiben eines Druckschalters zu Beschädigungen der Motoren führen könnte. Auf den Widerstandsstufen z. B. sind sie weggelassen. Abb. 5, die einen Blick auf die Rückseite von Klinkwerk und Nockenschaltwalze zeigt, läßt die einzelnen Nockenscheiben erkennen.

An Schaltstufen sind vorgesehen:

8 Reihenschaltstellungen,
1 Übergangsstellung,
5 Parallelstellungen.

Auf der vorletzten und der letzten Stufe wird in Reihen- und in Parallelschaltung das Erregerfeld der Motoren z. T. überbrückt bzw. kurzgeschlossen. Je zwei der vier Triebmotoren eines Triebwagens liegen dauernd in Reihe. Auf

Am Führerschalter sind für die Fahrtrichtungs- und Beschleunigungseinstellung folgende Stellungen vorgesehen:

Rückwärts-Rangier,
Null,
Vorwärts-Rangier,
Vorwärts $\frac{1}{2}$,
Vorwärts $^1/_1$.

Auf den Rangierstufen macht das Klinkwerk nur den ersten Hub. Die Motoren liegen in dieser Fahrstellung in Reihe mit sämtlichen Widerständen, so daß also nur Bewegungen mit geringer Geschwindigkeit möglich sind. Für die Stufe Vorwärts $\frac{1}{2}$, die „kleine Beschleunigung“, entsprechend einer mittleren Beschleunigung von etwa 0,4 m/sec², wurde der Schaltvorgang oben erklärt. Auf der Stufe Vorwärts $^1/_1$, der „großen Beschleunigung“, entsprechend einer mittleren Beschleunigung von etwa 0,52 m/sec² wird die rechts am

Fortschaltrelais (s. Abb. 1) angeordnete Spule miteingeschaltet. Sie wirkt der Motorstromspule entgegen, bewirkt also ein Abfallen des Relaisankers und somit ein Weiterschalten stets bei höherer Stromstärke.

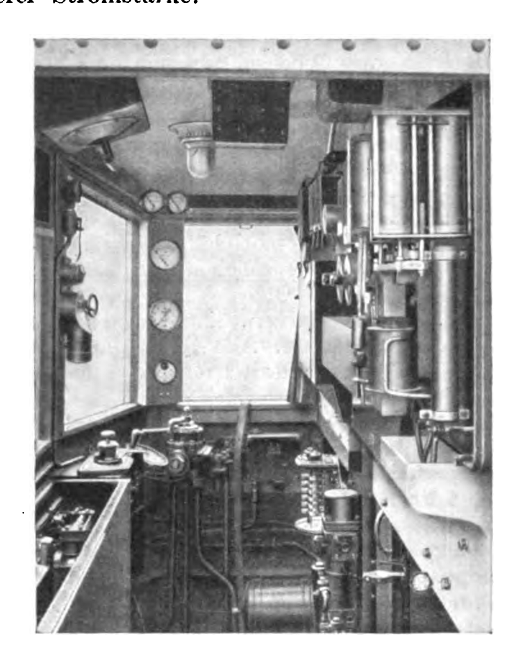


Abb. 6. Blick in den Führerstand.

Der Führerschalter läßt sich mit Rücksicht darauf, daß er außer dem Druckknopf nur die Kontakte für die Fahrtrichtungs- und Beschleunigungseinstellung und außerdem nur noch einige Kontakte für die Luftpumpeneinstellung zu enthalten braucht, in recht kleinen baulichen Abmessungen halten, wie es der Blick in den Führerstand (Abb. 6) zeigt, wo der Führerschalter links neben dem Führerbremsventil angeordnet ist. Der Druckknopf ist oben am Führerschalter zu sehen. Zu dieser Abbildung sei übrigens darauf hingewiesen, daß die an der Rückwand des Führerstandes angeordneten Apparate mit der eigentlichen Steuerung zum größten Teil nichts zu tun haben. Im Vordergrund z. B. sind die Kohlensäuleregler der Notbeleuchtung zu sehen.

Bemerkenswert ist auch folgende für etwaige Störungen vorgesehene Schaltung. Spricht infolge von Überlastungen in einem Triebwagen des Zuges das entsprechende Überstrommagnetwerk an, so leuchtet in dem Führerstand des gesteuerten Wagens eine grüne „Meldelampe“ auf, die in dem an der Decke des Führerstandes sichtbaren Kasten untergebracht ist. Schaltet das Überstrommagnetwerk nicht wieder ein, so ist die Fahrt mit den noch betriebsfähigen Wagen fortzusetzen und auf der nächsten Station der beschädigte Wagen festzustellen. Er ist an einer vom Bahnsteig aus sichtbaren, ebenfalls im Meldelampenkasten untergebrachten roten „Kennlampe“ kenntlich. Seine Steuerung ist von den durchgehenden Steuerleitungen mittels des an der Führerstandsrückwand angeordneten Wagenabschalters, eines kleinen Kontrollers, abzutrennen. Ist die Störung in dem führenden Wagen aufgetreten, so kann dieser trotzdem weiter als Steuerwagen gefahren werden.

Die selbsttätige Steuerung hat sich in dem bisher mehrmonatlichen fahrplanmäßigen Betrieb bestens bewährt. Insbesondere ist die Betriebssicherheit durch die Abänderungen an der Steuerung, die auf Grund der Erfahrungen mit den Versuchstriebwagen aus den Jahren 1924 und 1925 vorgenommen wurden, und die sich unter Beibehaltung der grundsätzlichen Anordnung auf die bauliche Ausbildung insbesondere des Klinkwerkes erstreckten, auf einen solchen Stand gebracht worden, daß die Steuerung auch weiterhin den an sie gestellten Forderungen voll gerecht werden wird. Da die Steuerung nicht nur für Gleichstrom von 800 Volt, sondern nach geringen Abänderungen auch für Gleichstrom höherer Spannung und für Wechselstrom geeignet ist, wird sie voraussichtlich auch noch für andere Bahnen von Bedeutung werden.

Berichte.

Lokomotiven und Wagen.

1 C 1 + 1 C 1 Vierzylinder-Heißdampflokomotive Bauart Kitson-Meyer der Kalka Simla Eisenbahn in Indien.

Die Kalka-Simla-Bahn in Indien hat eine Spurweite von 760 mm, die Bahnlinie ist etwa 100 km lang und besitzt größte Steigungen von 1:25 bei 38 km Länge, wobei ein Höhenunterschied von insgesamt 1450 m zu überwinden ist. Die kleinste Krümmung beträgt etwa 38 m. Zum Befördern der schweren Güterzüge konnten nur Gelenklokomotiven in Frage kommen, die von Kitson & Co. in Leeds entworfen sind. Bei dieser Bauart ruht der Kessel mit den Wasser- und Brennstoffvorräten auf einem Hauptrahmen, der sich vorn und hinten auf je ein Triebgestell der 1 C 1-Bauart stützt. Die Stützzapfen sind möglichst nahe an die Mitte des Kuppelachsstandes gelegt. In jedem Triebgestell sind die Achsen in zwei Gruppen für sich abgefedert und zwar die vordere Laufachse als Bisselachse mit den beiden nachfolgenden Kuppelachsen und die letzte Kuppelachse (Treibachse) mit der hinteren Laufachse (Adamachse). Die Hauptabmessungen der Lokomotive, welche Güterzüge von 160 t auf Steigungen von 1:25 mit 15 km/Std. Geschwindigkeit befördern soll, sind:

Zylinderdurchmesser	4 × 340 mm
Kolbenhub	355 mm
Treibraddurchmesser	762 mm
Kuppelachsstand jedes Gestelles	1830 mm
Gesamtachsstand jedes Gestelles	4570 mm
Gesamtachsstand der Lokomotive	13660 mm
Rostfläche	2,5 m²
Kesselheizfläche	94,3 m²
Überhitzerheizfläche	19,6 m²
Gesamtheizfläche	113,9 m²
Dampfüberdruck	12,6 atü
Wasservorrat	6,2 t
Kohlenvorrat	3 t
Reibungsgewicht	49 t
Dienstgewicht	69,5 t

(Railway Engineer, Januar 29.) Will.

1 D + D 2 Lokomotive der amerikanischen Nordbahn.

Zu welchen Abmessungen in Amerika heute schon die Lokomotiven gelangen, zeigt die von der „Loc. Comp.“ gebaute 1 D + D 2 Vierlings-Heißdampflokomotive mit zwei getrennten Triebwerken für die Nordbahn. Da auf dem Rost eine ganz minderwertige Braunkohle verfeuert wird, hat dieser bei 2895 mm Breite eine Länge von 6750 mm erhalten. Hierdurch erhielt der Kessel Abmessungen, wie sie bis heute noch von keiner Lokomotive auch nur annähernd erreicht sind. Um den Rost überhaupt reinigen zu können erhielt die Feuerbüchse außer dem Feuerloch in der Stehkesselrückwand noch je eine Reinigungstür von 240 × 360 mm auf jeder Stehkesselseite, die etwa 5000 mm von der Stehkesselrückwand entfernt liegt.

Der Kessel besitzt ein Gesamtgewicht von 75000 kg, er enthält etwa 5200 Stehbolzen, von denen die Hälfte beweglich ausgeführt sind. Zwei Kreiselpumpen mit 45000 l stündlicher Leistung und zwei Dampfstrahlpumpen mit 47000 l stündlicher Leistung dienen zur Speisung des Kessels. In der Feuerbüchse sind drei Siedekammern und in der Verbrennungskammer zwei Siedekammern eingebaut. Die einzelnen Hauptabmessungen dieser Lokomotive sind:

Zylinderdurchmesser	4×660 mm
Kolbenhub	812 mm
Treibraddurchmesser	1600 mm
Laufraddurchmesser	838 mm
Dampfdruck	17,6 atü
Rostfläche	16,8 m²
Heizfläche der Feuerbüchse und Verbrennungskammer	56,7 m²
Heizfläche der Siedekammern	24,2 m²
„ der Rohre	631 m²
„ des Überhitzers	295 m²
Gesamt-Kesselheizfläche	1006,9 m²
Kesseldurchmesser	2800 mm
Lokomotivachsstand	20320 mm
Achsdruck der Treibachsen	31,5 t
Achsstand, Lokomotive und Tender	30380 mm
Länge von Lokomotive und Tender zwischen den Puffern	38 m
Reibungsgewicht	252 t
Lokomotiv-Dienstgewicht	325 t
Zugkraft mit Zusatzdampfmaschine	69400 kg
Tender-Wasserinhalt	96 t
Kohleninhalt	27 t
Tender-Dienstgewicht	181 t
Gewicht von Lokomotive und Tender	506 t

Die Lokomotive soll Güterzüge von 4000 t Gewicht über Steigungen von 11 ‰ befördern, auf der bisher die Züge nur geteilt befördert werden konnten. Will.

(Railway Age, 29. Dezember 1928.)

2600 PS-Dieselelektrische Lokomotive der Kanadischen Nationalbahn.

Die Lokomotive ist weitaus die leistungsfähigste ihrer Art; sie ist unter Ausnutzung der Erfahrungen, welche die Eigentumsbahn seit drei Jahren mit dieselelektrischen Triebwagen*) sammeln konnte, von ihr im Verein mit der Kanadischen Lokomotivgesellschaft, den Baldwin-Werken, der Commonwealth Stahl-Gesellschaft und der Westinghouse Gesellschaft im mechanischen und elektrischen Teil entworfen und gebaut worden. Die Dieselmotoren sind von Beardmore in Glasgow geliefert.

Die Gesamt-Lokomotive besteht aus zwei Einheiten, deren jede in der Größe etwa den russischen Diesellokomotiven entspricht. Sie hat die Achsanordnung $2\,D_0\,1 + 1\,D_0\,2$ und wiegt insgesamt 295 t; davon entfallen 218 t auf die Treibachsen. Jede Einheit besitzt einen Maschinensatz, der aus einer Zwölfzylinder-Dieselmaschine mit Stromerzeuger besteht und in Längsrichtung auf dem Hauptrahmen sitzt, außerdem einen Dampfkessel für die Zugheizung und vier Bahnmotoren für die Treibachsen. Mit der zunächst vorgesehenen, für raschfahrende Personenzüge bestimmten Zahnradübersetzung soll die Lokomotive eine Anfahrzugkraft von 45 t und eine Dauerzugkraft von 19 t entwickeln. Dazu gewährt die gewählte Ward-Leonard-Schaltung eine Ausnützung der Maschinenhöchstleistung über einen möglichst weiten Geschwindigkeitsbereich.

Zur Bedienung befindet sich an den beiden Enden der Gesamtlokomotive je ein Führerstand in abgeschlossenem Raum. Es können entweder die beiden Maschinenhälften zusammen oder jede für sich bedient werden; für den letzteren Fall sind in jedem Führerstand die erforderlichen Meßgeräte vorgesehen, um die Arbeit auch der anderen Lokomotivhälfte beobachten zu können.

Die kompressorlose Beardmore-Dieselmaschine hat 12 Zylinder von 305 mm Durchmesser und Hub, die in V-Form angeordnet sind. Ihre Geschwindigkeit ist regelbar zwischen 300 Umdr.-Min. bei Leerlauf und 800 Umdr.-Min. bei voller Nennleistung von 1330 PS. Der Brennstoffverbrauch bei Volleistung soll 0,195 kg/PS betragen. Beim Anlassen läuft der Stromerzeuger als Motor mit Batteriestrom. Das Kühlwasser des Dieselmotors wird in einem Wabenkühler auf dem Lokomotivdach rückgekühlt; ebenfalls auf dem Dach befindet sich eine Rückkühlanlage für das Schmieröl. Bei kälterem Wetter genügt zur Rückkühlung der natürliche Luftzug; für die wärmere Jahreszeit ist außerdem noch ein Ventilator vorgesehen.

Die Auspuffgase jeder Dieselmaschine werden in einem im Führerhaus stehenden Abwärmekessel noch weiter ausgenützt und dabei zugleich das Geräusch des Auspuffs gedämpft. Der hierbei erzeugte Dampf soll bei durchschnittlicher Maschinenleistung zur Heizung eines üblichen Personenzuges bis zu Außentemperaturen von — 24° C ausreichen, bei voller Belastung der Dieselmaschine sogar noch bei größerer Kälte. Wenn der im Abwärmekessel erzeugte Dampf nicht mehr genügt, wird ein ölgefeuerter Kessel mit einer stündlichen Dampferzeugung von 1100 kg und 7,3 at Überdruck und mit selbsttätiger Regelung zugeschaltet.

Der Rahmen jeder Lokomotivhälfte ist in einem Stück aus Stahl gegossen. Die erforderlichen Paßflächen und Träger für die Maschinensätze, die Ölkessel, die Bremsgehänge, den Führerstand usw. sind angegossen. Auch die Drehgestelle und Bisselgestelle sind aus Stahlguß. Alle Achsen haben Außenlager; jede Lokomotivhälfte ruht auf dem Drehzapfen des Drehgestelles und auf zwei Punkten im Ausgleichsystem der übrigen fünf Achsen.

Jede Einheit führt einen Vorrat von 3,6 t Treib- und Heizöl, 5 m³ Speisewasser für den Ölkessel, 1,35 m³ Kühlwasser, 450 kg Schmieröl und 1,3 t Sand mit sich. Der Ölvorrat ist für eine zwölfstündige Fahrt mit durchschnittlicher Belastung bemessen. Zum Nachfüllen von Öl dient auf jeder Lokomotivhälfte eine besondere Pumpe. Der Vorrat von Speisewasser soll je nach der Außenwärme für sechs bis zwölf Stunden reichen.

Die Lokomotive soll auf einer Steigung von 4‰ einen Zug von 2800 t mit einer Geschwindigkeit von 30 km/h befördern und mit einer anders gewählten Übersetzung 18:73 im Güterzugdienst eine Anfahrzugkraft von 59 t entwickeln. Ob sie diese Hoffnung erfüllt, müssen die Versuche zeigen. R. D.

(Railw. Age 1928, 2. Halbj., Nr. 23.)

*) Organ 1926, S. 173.

Versuche mit einer Tender-Zusatzdampfmaschine auf dem Prüfstand in Altoona.

Die Pennsylvania-Bahn und die Bethlehem Stahl-Werke haben im vergangenen Jahr auf dem Prüfstand in Altoona miteinander eine Reihe von Versuchen vorgenommen mit dem Zweck, die Betriebseigenschaften einer von der letzteren Firma gebauten Tender-Zusatzdampfmaschine und ihre Rückwirkung auf die Arbeit der Lokomotive selbst zu untersuchen. Da der Prüfstand zu kurz war, um eine Lokomotive mit angekuppeltem Tender aufnehmen zu können, so half man sich in der Weise, daß man einfach das ganze zweiachsige Tenderdrehgestell mit der Zusatzmaschine an Stelle der Schleppachse in die Versuchslokomotive selbst — eine 1 D 1-h 2 Lokomotive der Pennsylvania-Bahn — einbaute. Die Achsdrücke des eingebauten Drehgestelles wurden nicht besonders nachgeprüft; da die Zusatzmaschine nie zum Schleudern kam, war anzunehmen, daß das Reibungsgewicht genügte. Die Dampfzuleitung zu dem Drehgestell erhielt dieselbe Länge und die gleiche Anzahl von Gelenken wie bei der Führung zum Tender.

Die Versuche wurden in der Hauptsache bei 40, 50 und 60 Umdrehungen der Triebräder in der Minute, entsprechend Geschwindigkeiten von 11,8, 14,8 und 17,6 km/h, vorgenommen und zwar wurden in der Regel Parallelversuche zwischen der Lokomotive allein und der Lokomotive zusammen mit der Zusatzmaschine vorgenommen. Diese arbeitete mit einer Übersetzung 1:2,25 und war in der Geschwindigkeit stets der Lokomotive angepaßt.

Bei den Versuchen wurde zunächst die Dampferzeugung beobachtet, die bei dieser Lokomotivgattung bei einem Dampfdruck von 14 at, einer Dampftemperatur von 330° C und einer Geschwindigkeit von 47,2 km/h — entsprechend 160 Triebradumdrehungen/Min. — in der Regel einen Größtwert von etwa 28000 kg/h erreicht. Sobald die Lokomotive, zusammen mit der Zusatzdampfmaschine, mit großen Füllungen arbeitete, konnte der Kessel — abgesehen von den ganz geringen Geschwindigkeiten — die erforderliche Dampfmenge nicht mehr beibringen. Mit Hilfe des Blasrohres ließ sich die Dampferzeugung zwar noch etwas verbessern, jedoch nicht soweit, daß die oben angegebene größte Verdampfung erzielt werden konnte. Der Dampfdruck von 14 at

ließ sich bei allen Versuchen, bei denen die Lokomotive allein arbeitete, anstandslos halten. Bei Zuschaltung der Zusatzmaschine sank er jedoch bei einem Dampfverbrauch von über 22500 kg/h, sofern nicht der Bläser angestellt wurde.

Die Zugkraft der Lokomotive ließ sich durch Mitwirkung der Zusatzdampfmaschine bei der Geschwindigkeit von 11,8 km/h um rund 18%, bei 17,6 km/h um rund 13,5% erhöhen. Dabei verschlechterte sich jedoch der Gesamtwirkungsgrad der Lokomotive; derselbe betrug bei 11,8 km/h für die Lokomotive allein 4,9%, bei Mitwirkung der Zusatzmaschine dagegen nur 3,1%, also um 37% weniger gegenüber der erwähnten Erhöhung der Zugkraft von nur 18%. Nachstehend sind die Zugkräfte, welche die Lokomotive mit und ohne Zusatzdampfmaschine bei verschiedenen Füllungen erreichen konnte, kurz zusammengestellt:

Geschwindigkeit km/h	Zugkraft der Lokomotive allein kg	Zugkraft der Lokomotive mit Zusatzmaschine kg	Unterschied beider Zugkräfte kg	Füllung %
11,3	26700	31300	4600	größte
11,3	25500	31000	5500	80
14,8	25200	30000	4800	80
17,6	24400	28800	4400	80
11,8	23400	28600	5200	70
11,8	21400	26200	4800	60

Der Dampfverbrauch der Zusatzmaschine bewegte sich zwischen 1550 und 5000 kg/h bei Geschwindigkeiten von 3,25 und 21 km/h. Auf die PSi-Stunde umgerechnet betrug er 20,5 kg bei 3,5 km/h und 13 kg bei 21 km/h. Die Leistung der Zusatzdampfmaschine endlich belief sich bei ersterer Geschwindigkeit auf 75 PSi und auf 382 PSi bei der letzteren.

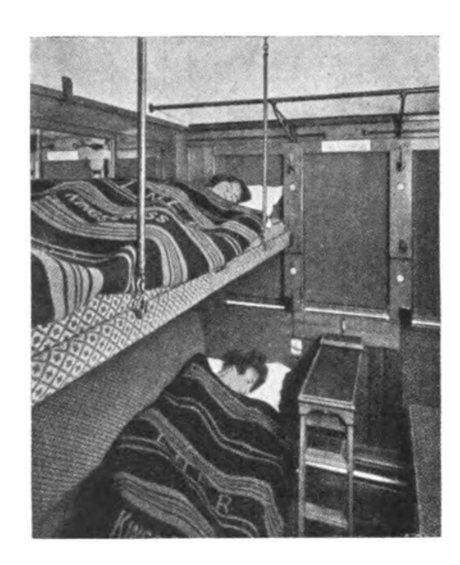
Die oben beschriebenen Versuche sind insofern bemerkenswert, als sie sich zum erstenmal auf eine systematische Untersuchung der in Amerika so beliebten Zusatzdampfmaschine erstreckt haben. Die Ergebnisse erscheinen jedoch verhältnismäßig bescheiden. Immerhin kann man daraus erkennen, daß bei allen Geschwindigkeiten, die in Europa praktisch für die Zugförderung in Frage kommen — also etwa von 15 km/h aufwärts — die Erzeugung der erforderlichen Dampfmenge schon Schwierigkeiten gemacht hat. Wenn dies nun schon bei den amerikanischen Lokomotiven mit ihren verhältnismäßig groß bemessenen Kesseln der Fall ist, so war es jedenfalls kein Fehler, daß man in Europa bisher der Zusatzdampfmaschine noch nicht näher getreten ist. R. D.

(Railw. Age 1928, 2. Halbj., Nr. 13.)

Englische Schlafwagen dritter Klasse.

Mit Beginn des Winterfahrplanes 1928 haben drei von den englischen Bahngesellschaften, die London, Midland und schottische Bahn (LMSR), die London und North Eastern Bahn (LNER) und die Great Western Bahn (GWR) auf ihren wichtigsten Nachtstrecken Schlafwagen dritter Klasse in Dienst gestellt.

Sämtliche Wagen haben Seitengang und Übergänge mit Faltenbälgen; die Abteile haben, wie dies neuerdings auch in England für weiter fahrende Schnellzüge bevorzugt wird, nur noch Türen zum Seitengang, aber keinen unmittelbaren Eingang mehr von außen. Bei den Wagen der LMSR und der LNER befindet sich an beiden Wagenenden, an die Stirnwände unmittelbar anschließend, beiderseits des Überganges je ein Abort und ein Waschraum, zwischen diesen und den Abteilen sind auf jeder Wagenseite die Eingangstüren angeordnet. Bei den Wagen der GWR schließen sich jedoch die Aborte und Waschräume an den Wagenenden unmittelbar an die Abteile an; infolgedessen besitzen diese Wagen auf der Abteilseite merkwürdigerweise überhaupt keine Eingangstüren. Die Reisenden müssen also entweder von der anderen Wagenseite aus oder über den Nebenwagen einsteigen. Letzteres ist insofern möglich, als die Wagen stets mit einem Schlafwagen erster Klasse zusammen laufen und auch mit diesem zusammen von nur einem Schaffner bedient werden sollen. Beide Wagen bilden also im Betrieb eine Einheit; ob es jedoch zweckmäßig ist, die Reisenden dritter Klasse durch die erste Klasse einsteigen zu lassen anstatt umgekehrt, erscheint vom deutschen Gesichtspunkt aus zweifelhaft.



Abteil eines Schlafwagens der London und Nord Ost Bahn.

Die Einrichtung sämtlicher Wagen entspricht in den Grundzügen derjenigen der deutschen Liegewagen dritter Klasse, doch sind keine Halbabteile, sondern nur Vollabteile vorgesehen. Die Ausstattung scheint etwas besser zu sein als bei den deutschen Wagen, entsprechend der überhaupt etwas besseren Ausstattung der englischen dritten Klasse. Die Wagen der LMSR und LNER haben sieben Schlafabteile, von denen jedes bei Nacht vier Schlafplätze und bei Tag acht Sitzplätze bietet. Der Wagen der GWR besitzt nur drei Schlafabteile und daneben fünf Abteile für den Tagesverkehr. Die Textabbildung zeigt ein Abteil des Wagens der LNER in der Zurichtung für die Nacht. Den Aufstieg zum oberen Bett vermittelt eine Leiter, die bei Tag nach Art der üblichen Klapptische an die Wand gelegt werden kann. Das obere Bett wird bei Tag nach oben geklappt. Der Fußboden ist in den Abteilen und im Seitengang mit Gummi belegt, zur Beleuchtung dienen Kronleuchter mit vier Lampen und einer blauen Nachtlampe.

Sämtliche Wagen sind aus Holz gebaut, haben jedoch eiserne Längsträger. Sie laufen auf zweiachsigen Drehgestellen der in England üblichen Bauart. Die Schlafabteile haben eine Länge und Breite von etwa 1,9 m und eine größte Höhe von 2,4 m. Die gesamte Breite der Wagen beträgt rund 2,75 m, ihre gesamte Länge schwankt zwischen 18,3 und 18,5 m. Der Wagen der LMSR wiegt 29,5 t, derjenige der LNER 35 t, die Gewichte sind also sehr niedrig. R. D.

(The Railw. Eng., Nov. 1928.)

Bericht der Lokomotiv-Aufsichtsbehörde der Vereinigten Staaten für 1928.

In dem Bericht, der das Berichtsjahr vom 1. Juli 1927 bis zum 30. Juni 1928 umfaßt, spiegelt sich ein gegenüber den früheren Jahren wesentlich besserer Betriebszustand des Lokomotivparkes der nordamerikanischen Bahnen wieder. Der Prozentsatz der in diesem Jahr schadhaft befundenen Lokomotiven war der niedrigste, der je erreicht wurde und zwar ziemlich gleichmäßig bei allen unter Aufsicht stehenden Bahnen. Es ereigneten sich insgesamt 419 Unfälle infolge von Lokomotivschäden; die meisten davon waren jedoch leichterer Art und im wesentlichen auf Brüche an Triebwerksteilen, Kupplungen, Bremsteilen und ähnliches zurückzuführen. 22 Unfälle hatten ihre Ursache in Feuerbüchsschäden infolge Wassermangels. Diese Art von Unfällen kostet schon seit Jahren immer die meisten Opfer. Im Berichtsjahr 1928 sind beispielsweise von insgesamt 30 durch die Unfälle getöteten Personen 20 dadurch ums Leben gekommen.

Insgesamt hat die Zahl der durch Lokomotivschäden verursachten Unfälle gegen das Vorjahr um 14,1% und die Zahl der dabei verunglückten Personen um 10,4% abgenommen, die Zahl der Getöteten dagegen um 7,1% zugenommen.

Eine gewisse Sorge bereiten nur die vielen Kesselexplosionen, deren Zahl um etwa 16% zugenommen hat. Der Bericht gibt als Ursache u. a. die vielfach mangelhafte Herstellung der Stehbolzen an, die nicht genügend tief angebohrt und dann noch unsachgemäß eingebaut seien, so daß man gebrochene Bolzen oft nicht feststellen und erneuern könne. Die Erhöhung der Kesselüberdrücke und die Vergrößerung der Kesselabmessungen tragen dazu bei, daß diese Art von Unfällen immer häufiger und schwerer werde, sofern nicht durchgreifende Maßnahmen ergriffen würden.

(Railw. Age 1929, 1. Halbj., Nr. 2.) R. D.

Betrieb in technischer Beziehung. Signalwesen.

Blinklichtsignale an Stelle von Bahnschranken.

In den Vereinigten Staaten wird bekanntlich die Forderung, die Kreuzungen von Eisenbahnen und Straßen in gleicher Höhe durch Schranken zu sichern, bei weitem nicht in dem Umfange erhoben, geschweige denn erfüllt wie bei uns. Die nachstehend geschilderten Verhältnisse auf diesem Gebiet sind kennzeichnend für diese Auffassung.

Die Indianopolis Union-Railway besitzt in Indianopolis einen Bahnhof, der den Zwecken der in diese Stadt einmündenden Eisenbahnen gemeinschaftlich dient und betreibt eine Gürtelbahn, die eine Schleife von etwa 4 km Länge um den größten Teil des Hauptgeschäftsviertels von Indianopolis bildet. Die Gleise des Gemeinschaftsbahnhofs werden von den Straßen unterfahren, die Gürtelbahn kreuzt aber 62 Straßen in Schienenhöhe. Nur sechs dieser Übergänge waren mit Schranken versehen, und 20 waren mit Wärtern besetzt, die den Straßenverkehr durch Winken mit einer Fahne regelten, wie es in den Vereinigten Staaten in weitem Umfang Gebrauch ist. Von diesen letztgenannten Übergängen sind neuerdings 17 durch Blinklichtsignale geschützt worden, und bei den sechs Übergängen mit Schranken hat man die Schranken durch Blinklichtsignale ersetzt, ein Vorgang, der bei uns undenkbar wäre. Die drei letzten von den 20 Übergängen blieben von der Neuerung unberührt, teils weil dort nur schwacher Verkehr herrscht, teils weil es hier wegen des bis auf die Straßenkreuzungen reichenden Verschiebeverkehrs der anstoßenden Bahnhöfe nicht möglich war, die Lichtsignale durch Gleisströme zu steuern. Fünf von den Straßen, deren Übergänge bisher mit Schranken versehen waren, haben einen besonders lebhaften Verkehr, und die Zahl der Güterzüge, die diese Übergänge berühren, beträgt 125 bis 175 in einem Zeitraum von 24 Stunden. Bei fünf der mit Wärtern besetzten Übergänge herrschten ähnliche Verhältnisse.

Während eines Zeitraumes von zwei Jahren vier Monaten, der dem 17. März 1927 vorausging, ereigneten sich an den sechs abgeschrankten Übergängen 210 Unfälle, von denen 195 darin bestanden, daß Kraftwagen bei geschlossener Schranke diese beschädigten oder selbst beschädigt wurden. Auf den anderen Übergängen der Gürtelbahn waren im gleichen Zeitraum 46 Unfälle zu verzeichnen.

Um die Unfälle zu bekämpfen, wurde zunächst an einem mit Wärtern besetzten Übergang, anscheinend dem am meisten gefährdeten, ein Versuch mit Blinklicht angestellt, das mit einem Warnungssignal: „Stop“ und mit Klingeln auf beiden Seiten der Gleise zusammenarbeitet. Die zuständige Behörde erteilte hierzu die Genehmigung unter der Bedingung, daß die Anlage wieder beseitigt würde, wenn sie sich nicht bewährte, und die Wärter wieder an ihre Stelle träten. Die Besorgnis, die sich in dieser Bestimmung der Aufsichtsbehörde ausdrückte, war aber unbegründet. Schon einen Monat nach Beginn dieses Probebetriebs genehmigte sie, von der Wirkung der neuen Sicherung überzeugt, die Einführung gleicher Anlagen an 16 weiteren Übergängen. Noch ehe die hierzu nötigen Arbeiten beendet waren, beantragte und erlangte die Eisenbahn die Genehmigung, auch die sechs abgeschrankten Übergänge auf die gleiche Weise zu sichern.

Das Bestreben der amerikanischen Eisenbahnen bei Einführung derartiger Sicherheitsvorrichtungen geht dahin, menschliche Arbeit bei der Bedienung auszuschalten, die Signale selbsttätig zu betreiben, sie also mit Hilfe von Gleisströmen zu steuern. Das war in vollem Umfang nur an zwei Stellen in Indianopolis möglich. An allen anderen Stellen wurden die Kreuzungen von Verschiebefahrten berührt, und es mußte deshalb Handbetrieb eingerichtet werden. An zwei Stellen sind beide Betriebsarten vereinigt, indem in den acht Stunden am Tage, während deren die benachbarten Gleisanschlüsse bedient werden, Handbetrieb stattfindet, während sonst die vorüberfahrenden Züge die Signale selbsttätig in und außer Betrieb setzen. Wo es die örtlichen Verhältnisse erlauben, sind die Handantriebe der Signale für mehrere Kreuzungen an einer Stelle vereinigt, so daß 13 Mann, je von einem erhöhten Standpunkt aus, die Signale bedienen können. Die Signale bleiben die vollen 24 Stunden des Tages im Betrieb; es bedarf zu ihrer Bedienung zusammen mit den drei Übergängen, an denen die Besetzung mit Wärtern beibehalten worden ist, der Arbeitskraft von 44 Mann, während früher dieselben Übergänge 64 Mann in Anspruch nahmen. Hierdurch werden rund 16000 Dollar im Jahr gespart, und dadurch sind unter Berücksichtigung der Unterhaltung der neuen Signale deren Kosten in drei Jahren wieder hereingebracht.

Die zwei roten, die Warnung vermittelnden Signallichter blinken 30mal in der Minute. Das Hilfswerk, das sie einschaltet, bringt zugleich zwei Klingeln auf beiden Seiten der Gleise abwechselnd zum Ertönen, was sich, namentlich für die Anwohner, als weniger lästig erwiesen hat, als ein dauerndes Ertönen beider Klingeln. Das Warnungszeichen „Stop“ ist dauernd erleuchtet; die Führer herannahender Kraftwagen werden also auf das Vorhandensein einer Schienenkreuzung auch dann aufmerksam gemacht, wenn ihnen keine Gefahr von einem Zug droht.

Die Signale werden mit Wechselstrom betrieben; bei einer Störung in der Stromzuführung springt Gleichstrom aus einer Speicherbatterie ein. Wernekke.

(Nach Railway Signaling, Oktober 1928.)

Verschiedenes.

Arbeitsgemeinschaft zur Erforschung von Entgleisungsursachen.

Die anläßlich unaufgeklärter Lokomotiventgleisungen im Sommer vorigen Jahres aus Beamten des Betriebs-, Oberbau- und Lokomotivdienstes und Fahrzeugbaues zusammengesetzte Arbeitsgemeinschaft hat in wiederholten Beratungen für den Oberbaudienst geeignete Anregungen gegeben und außerdem Wege ermittelt, deren Verfolgung wertvolle Aufschlüsse über die Änderungen in der Belastung der Achsen während der Fahrt verspricht. Um ein noch tieferes Eindringen in diese Verhältnisse zu ermöglichen, hat die Reichsbahn das Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung an der Technischen Hochschule zu Berlin ersucht, wissenschaftliche Untersuchungen und Messungen anzustellen, deren Ergebnisse für die Beurteilung der Laufsicherheit der Fahrzeuge verschiedener Bauart von großer Wichtigkeit sein können. Da rein mechanische Meßmethoden sich wegen der Unzulänglichkeit der Meßstellen in der Nähe der Achsbuchsen und infolge der Raumbeschränkung nicht empfehlen, sollen neue elektrische Meßverfahren angewendet werden, welche gestatten, die Aufnahmeorgane der mechanischen Vorgänge an Ort und Stelle so klein und einfach wie möglich zu halten und die wünschenswerte Vergrößerung der Aufzeichnung in den elektrischen Teil der Apparatur zu verlegen. Außerdem gewährleisten die elektrischen Methoden die gleichzeitige Aufnahme verschiedener Vorgänge durch Anwendung des Oszillographen mit fortlaufenden Aufzeichnungen.

Die Mitwirkung des Heinrich-Hertz-Instituts wird bestehen:

a) in der Entwicklung geeigneter Meßverfahren im Laboratorium,

b) in der Ausführung oder in der Mitwirkung bei den Messungen auf den Fahrzeugen.

Die Reichsbahn hat dem genannten Institut zur Entwicklung und Beschaffung der notwendigen Meßapparate und zur Durchführung seiner Arbeiten einen namhaften Betrag zur Verfügung gestellt.

(Aus der „Reichsbahn“.)

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.

1929
84. Jahrgang

Heft 12
15. Juni

ORGAN

FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

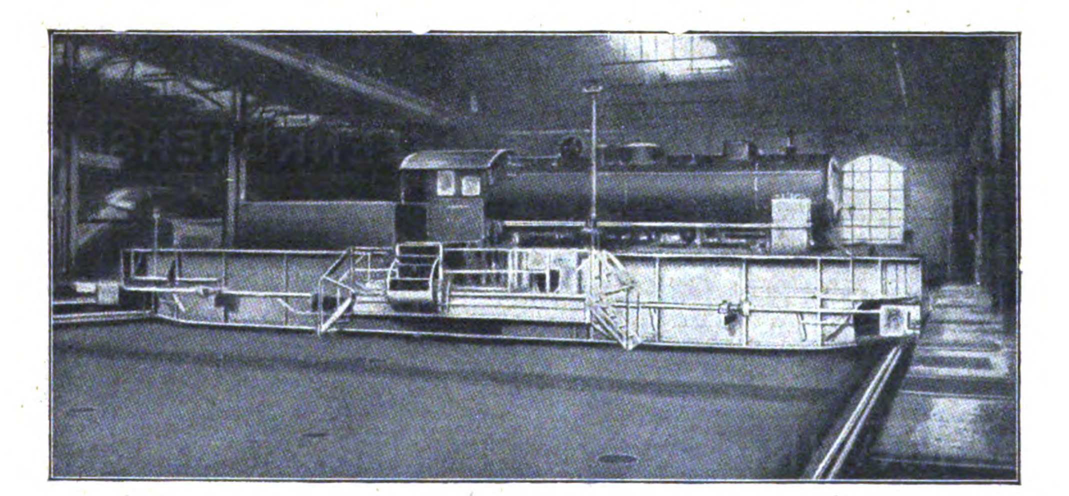
TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN
HERAUSGEGEBEN VON Dr. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.



Buchbesprechungen.

Verschiedenes.



Insgesamt hat die Zahl der durch Lokomotivschäden verursachten Unfälle gegen das Vorjahr um 14,1% und die Zahl der dabei verunglückten Personen um 10,4% abgenommen, die Zahl der Getöteten dagegen um 7,1% zugenommen.

Eine gewisse Sorge bereiten nur die vielen Kesselexplosionen, deren Zahl um etwa 16% zugenommen hat. Der Bericht gibt als Ursache u. a. die vielfach mangelhafte Herstellung der Stehbolzen an, die nicht genügend tief angebohrt und dann [illegible] eingebaut seien, so daß man gebrochene Bolzen [illegible] und erneuern könne. Die Erhöhung der K[illegible] die Vergrößerung der Kesselabmessungen [illegible] diese Art von Unfällen immer häufiger [illegible] sofern nicht durchgreifende Maßnahmen [illegible]

(Railw. Age 1929, 1. Halbj., Nr. 2.)

Betrieb in technischer Beziehung. Signalwesen.

Blinklichtsignale an Stelle von Bahnschranken.

In den Vereinigten Staaten wird bekanntlich die Forderung, die Kreuzungen von Eisenbahnen und Straßen in gleicher Höhe durch Schranken zu sichern, bei weitem nicht in dem Umfange erhoben, geschweige denn erfüllt wie bei uns. Die nachstehend geschilderten Verhältnisse auf diesem Gebiet sind kennzeichnend für diese Auffassung.

Die Indianopolis Union-Railway besitzt in Indianopolis einen Bahnhof, der den Zwecken der in diese Stadt einmündenden Eisenbahnen gemeinschaftlich dient und betreibt eine Gürtelbahn, die eine Schleife von etwa 4 km Länge um den größten Teil des Hauptgeschäftsviertels von Indianopolis bildet. Die Gleise des Gemeinschaftsbahnhofs werden von den Straßen unterfahren, die Gürtelbahn kreuzt aber 62 Straßen in Schienenhöhe. Nur sechs dieser Übergänge waren mit Schranken versehen, und 20 waren mit Wärtern besetzt, die den Straßenverkehr durch Winken mit einer Fahne regelten, wie es in den Vereinigten Staaten in weitem Umfang Gebrauch ist. Von diesen letztgenannten Übergängen sind neuerdings 17 durch Blinklichtsignale geschützt worden, und bei den sechs Übergängen mit Schranken hat man die Schranken durch Blinklichtsignale ersetzt, ein Vorgang, der bei uns undenkbar wäre. Die drei letzten von den 20 Übergängen blieben von der Neuerung unberührt, teils weil dort nur schwacher Verkehr herrscht, teils weil es hier wegen des bis auf die Straßenkreuzungen reichenden Verschiebeverkehrs der anstoßenden Bahnhöfe nicht möglich war, die Lichtsignale durch Gleisströme zu steuern. Fünf von den Straßen, deren Übergänge bisher mit Schranken versehen waren, haben einen besonders lebhaften Verkehr, und die Zahl der Güterzüge, die diese Übergänge berühren, beträgt 125 bis 175 in einem Zeitraum von 24 Stunden. Bei fünf der mit Wärtern besetzten Übergänge herrschten ähnliche Verhältnisse.

Während eines Zeitraumes von zwei Jahren vier Monaten, der dem 17. März 1927 vorausging, ereigneten sich an den sechs abgeschrankten Übergängen 210 Unfälle, von denen 195 darin bestanden, daß Kraftwagen bei geschlossener Schranke diese beschädigten oder selbst beschädigt wurden. Auf den anderen Übergängen der Gürtelbahn waren im gleichen Zeitraum 46 Unfälle zu verzeichnen.

Um die Unfälle zu bekämpfen, wurde zunächst an einem mit Wärtern besetzten Übergang, anscheinend dem am meisten gefährdeten, ein Versuch mit Blinklicht angestellt, das mit einem Warnungssignal: „Stop“ und mit Klingeln auf beiden Seiten der Gleise zusammenarbeitet. Die zuständige Behörde erteilte hierzu die Genehmigung unter der Bedingung, daß die Anlage wieder beseitigt würde, wenn sie sich nicht bew[illegible] wieder an ihre Stelle träten. Die Besorg[illegible] Bestimmung der Aufsichtsbehörde ausdr[illegible] begründet. Schon einen Monat nach Beginn [illegible] genehmigte sie, von der Wirkung der neuen [illegible] die Einführung gleicher Anlagen an 16 [illegible] Noch ehe die hierzu nötigen Arbeiten bee[illegible] und erlangte die Eisenbahn die Genehm[illegible] abgeschrankten Übergänge auf die gleich[illegible]

Das Bestreben der amerikanischen [illegible] führung derartiger Sicherheitsvorrichtung[illegible] liche Arbeit bei der Bedienung auszusch[illegible] tätig zu betreiben, sie also mit Hilfe von [illegible] Das war in vollem Umfang nur an zwei [illegible] möglich. An allen anderen Stellen wu[illegible] Verschiebefahrten berührt, und es mu[illegible] eingerichtet werden. An zwei Stellen [illegible] vereinigt, indem in den acht Stunden a[illegible] benachbarten Gleisanschlüsse bedient w[illegible] findet, während sonst die vorüberfah[illegible] selbsttätig in und außer Betrieb setzen [illegible] hältnisse erlauben, sind die Handantri[illegible] Kreuzungen an einer Stelle vereinigt[illegible] einem erhöhten Standpunkt aus, d[illegible] Die Signale bleiben die vollen 24 St[illegible] es bedarf zu ihrer Bedienung zusamm[illegible] an denen die Besetzung mit Wärtern [illegible] Arbeitskraft von 44 Mann, während [illegible] 64 Mann in Anspruch nahmen. Hierdu[illegible] im Jahr gespart, und dadurch sin[illegible] Unterhaltung der neuen Signale [illegible] wieder hereingebracht.

Die zwei roten, die Warnu[illegible] blinken 30mal in der Minute. D[illegible] bringt zugleich zwei Klingeln a[illegible] wechselnd zum Ertönen, was sich [illegible] als weniger lästig erwiesen hat, [illegible] Klingeln. Das Warnungszeichen [illegible] die Führer herannahender Kra[illegible] handensein einer Schienenkr[illegible] macht, wenn ihnen keine Ge[illegible]

Die Signale werden m[illegible] Störung in der Stromzufüh[illegible] Speicherbatterie ein.

(Nach Railway Signal[illegible]

Verschiedenes.

Arbeitsgemeinschaft zur Erforschung von Entgleisungsursachen.

Die anläßlich unaufgeklärter Lokomotiventgleisungen im Sommer vorigen Jahres aus Beamten des Betriebs-, Oberbau- und Lokomotivdienstes und Fahrzeugbaues zusammengesetzte Arbeitsgemeinschaft hat in wiederholten Beratungen für den Oberbaudienst geeignete Anregungen gegeben und außerdem Wege ermittelt, deren Verfolgung wertvolle Aufschlüsse über die Änderungen in der Belastung der Achsen während der Fahrt verspricht. Um ein noch tieferes Eindringen in diese Verhältnisse zu ermöglichen, hat die Reichsbahn das Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung an der Technischen Hochschule zu Berlin ersucht, wissenschaftliche Untersuchungen und Messung[illegible] anzustellen, deren Ergebnisse für die Beurteilung der Laufs[illegible] heit der Fahrzeuge verschiedener Bauart von großer Wic[illegible] sein können. Da rein mechanische Meßmethoden sich [illegible] Unzulänglichkeit der Meßstellen in der Nähe der [illegible] und infolge der Raumbeschränkung nicht empfehlen[illegible] elektrische Meßverfahren [illegible] die Aufnahmeorgane [illegible] Stelle so klein und [illegible] wünschenswerte Vergr[illegible] Teil der Apparatur [illegible] elektrischen Methoden [illegible] Vorgänge durch Anw[illegible] Aufzeichnungen.

Die Mitwirkung [illegible]

a) in der [illegible] rator[illegible]

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat [illegible]
Druck vo[illegible]

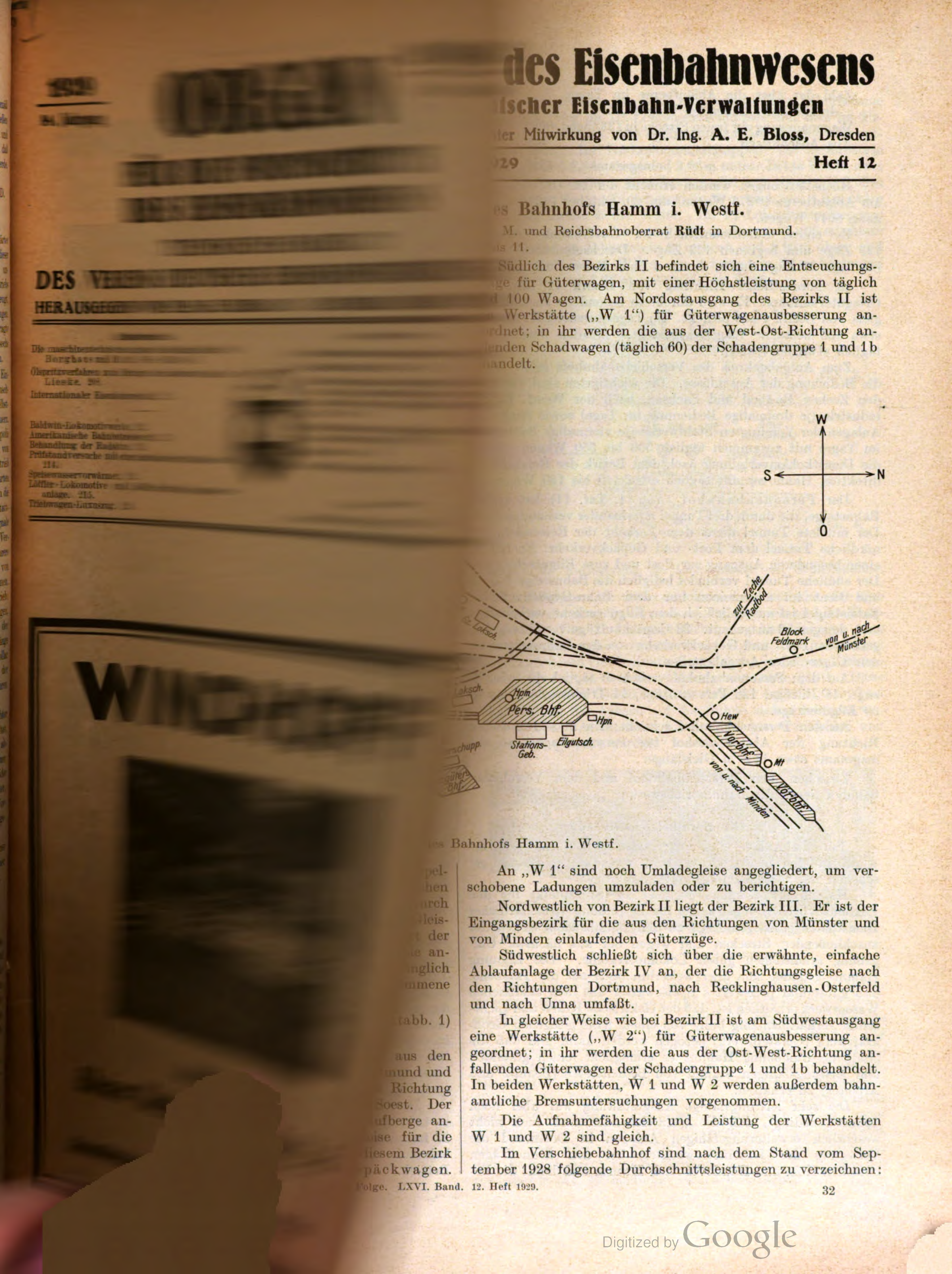
des Eisenbahnwesens
...ischer Eisenbahn-Verwaltungen
...ter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden
...929 Heft 12

...es Bahnhofs Hamm i. Westf.

...M. und Reichsbahnoberrat Rüdt in Dortmund.

...is 11.

Südlich des Bezirks II befindet sich eine Entseuchungs-...ge für Güterwagen, mit einer Höchstleistung von täglich ...d 100 Wagen. Am Nordostausgang des Bezirks II ist ... Werkstätte („W 1") für Güterwagenausbesserung an-...ordnet; in ihr werden die aus der West-Ost-Richtung an-...lenden Schadwagen (täglich 60) der Schadengruppe 1 und 1b ...handelt.



...es Bahnhofs Hamm i. Westf.

...pel- ...hen ...urch ...leis- ...t der ...e an- ...nglich ...mmene

...tabb. 1)

...aus den ...mund und ... Richtung ...Soest. Der ...ufberge an-...eise für die ...iesem Bezirk ...päckwagen.

An „W 1" sind noch Umladegleise angegliedert, um verschobene Ladungen umzuladen oder zu berichtigen.

Nordwestlich von Bezirk II liegt der Bezirk III. Er ist der Eingangsbezirk für die aus den Richtungen von Münster und von Minden einlaufenden Güterzüge.

Südwestlich schließt sich über die erwähnte, einfache Ablaufanlage der Bezirk IV an, der die Richtungsgleise nach den Richtungen Dortmund, nach Recklinghausen-Osterfeld und nach Unna umfaßt.

In gleicher Weise wie bei Bezirk II ist am Südwestausgang eine Werkstätte („W 2") für Güterwagenausbesserung angeordnet; in ihr werden die aus der Ost-West-Richtung anfallenden Güterwagen der Schadengruppe 1 und 1b behandelt. In beiden Werkstätten, W 1 und W 2 werden außerdem bahnamtliche Bremsuntersuchungen vorgenommen.

Die Aufnahmefähigkeit und Leistung der Werkstätten W 1 und W 2 sind gleich.

Im Verschiebebahnhof sind nach dem Stand vom September 1928 folgende Durchschnittsleistungen zu verzeichnen:

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

84. Jahrgang | 15. Juni 1929 | Heft 12

Die maschinentechnischen Anlagen des Bahnhofs Hamm i. Westf.

Von Direktor bei der Reichsbahn **Borghaus** in Frankfurt a. M. und Reichsbahnoberrat **Rüdt** in Dortmund.

Hierzu Tafel 9 bis 11.

1. Allgemeines.

Der Bahnhof Hamm i. W. (Abb. 1, Taf. 9) bildet den östlichen Vereinigungspunkt der Bahnstrecken des Ruhrkohlengebietes. Er ist Sammelbahnhof für den aus den Richtungen von Osterfeld-Recklinghausen, von Dortmund und von Unna abströmenden und aus den Richtungen von Münster, von Minden und von Soest zuströmenden Verkehr.

Südlich des Bezirks II befindet sich eine Entseuchungsanlage für Güterwagen, mit einer Höchstleistung von täglich rund 100 Wagen. Am Nordostausgang des Bezirks II ist eine Werkstätte („W 1“) für Güterwagenausbesserung angeordnet; in ihr werden die aus der West-Ost-Richtung anfallenden Schadwagen (täglich 60) der Schadengruppe 1 und 1b behandelt.

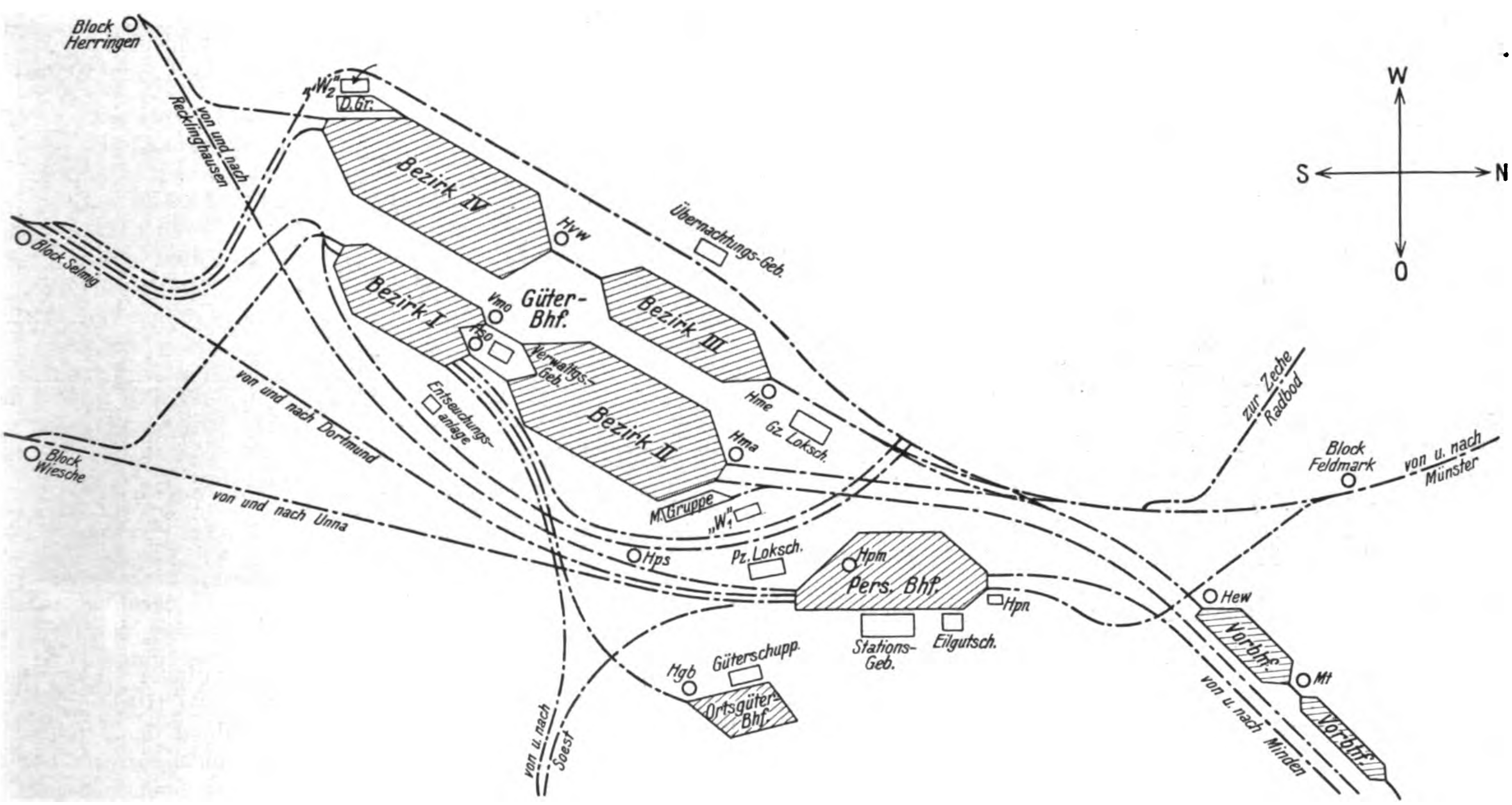


Abb. 1. Lageplan des Bahnhofs Hamm i. Westf.

Der Verschiebebahnhof ist zweiseitig mit einer Doppelanlage für die West-Ost-Richtung und mit einer einfachen Anlage für die Ost-West-Richtung angelegt. Diese ist durch neuzeitliche Einrichtungen wie „Fröhlich-Thyssen“-Gleisbremse, selbsttätiges Ablaufstellwerk und durch die Art der Weichenentwicklung so leistungsfähig geworden, daß sie annähernd dasselbe verarbeiten kann, wie die ursprünglich auch für die Ost-West-Richtung in Aussicht genommene Doppelanlage.

Die vier Bezirke des Verschiebebahnhofs (s. Textabb. 1) erfüllen im wesentlichen folgende Aufgaben:

Bezirk I nimmt den zuströmenden Verkehr aus den Richtungen von Osterfeld-Recklinghausen, von Dortmund und von Unna auf, zugleich ist er Zugangsbezirk aus Richtung von Soest und Abgangsbezirk in Richtung nach Soest. Der in nordöstlicher Richtung über die beiden Ablaufberge anschließende Bezirk II umfaßt die Richtungsgleise für die Richtungen nach Münster und nach Minden. In diesem Bezirk erfolgt auch die Behandlung der Güterzuggepäckwagen.

An „W 1“ sind noch Umladegleise angegliedert, um verschobene Ladungen umzuladen oder zu berichtigen.

Nordwestlich von Bezirk II liegt der Bezirk III. Er ist der Eingangsbezirk für die aus den Richtungen von Münster und von Minden einlaufenden Güterzüge.

Südwestlich schließt sich über die erwähnte, einfache Ablaufanlage der Bezirk IV an, der die Richtungsgleise nach den Richtungen Dortmund, nach Recklinghausen-Osterfeld und nach Unna umfaßt.

In gleicher Weise wie bei Bezirk II ist am Südwestausgang eine Werkstätte („W 2“) für Güterwagenausbesserung angeordnet; in ihr werden die aus der Ost-West-Richtung anfallenden Güterwagen der Schadengruppe 1 und 1b behandelt. In beiden Werkstätten, W 1 und W 2 werden außerdem bahnamtliche Bremsuntersuchungen vorgenommen.

Die Aufnahmefähigkeit und Leistung der Werkstätten W 1 und W 2 sind gleich.

Im Verschiebebahnhof sind nach dem Stand vom September 1928 folgende Durchschnittsleistungen zu verzeichnen:

Zahl der über die Ablaufberge im Tagesdurchschnitt laufenden Wagen	8500
Wagenausgang zur freien Strecke in 133 Zügen	6683 Wagen
Aus Anschlüssen	606 „
insgesamt	7289 Wagen

Höchstleistungen wurden erreicht am 14. Oktober 1927 am Ablaufberge 10273 Wagen, am 20. Oktober 1927 im Ausgang 8647 Wagen.

Es enden durchschnittlich im Güterbahnhof täglich 125 Züge und beginnen 122 Züge. Durchschnittlich fahren im Tage 27 Züge durch, davon 4 ohne Behandlung.

In nordöstlicher Richtung von Bezirk II liegt der Ortsgüterbahnhof. Er wird durch ein besonderes Zustellungsgleis von Bezirk 1 aus bedient. Im Tagesdurchschnitt werden etwa 135 beladene Wagen zugestellt. Beladen werden hier täglich etwa 60 Wagen.

Zum Aufgabenkreis des Verschiebebahnhofs gehört noch die Bedienung der Anschlüsse. Die wichtigsten sind die nach den Zechen Radbod und Sachsen, nach der Westf. Drahtindustrie (je dreimalige Bedienung im Tage) sowie nach den Anlagen der Vereinigten Stahlwerke (je viermalige Bedienung im Tage) mit zusammen täglich 500 bis 550 Wagen; ferner die Dienstkohlenverteilung nach dem Bezirk der Reichsbahndirektion Hannover mit täglich etwa 140 bis 150 Wagen.

Der Personenbahnhof (Abb. 4, Taf. 11) hat sieben Bahnsteige, die durch drei Tunnel miteinander verbunden sind. Der mittlere Tunnel dient dem Verkehr der Reisenden, der nördliche Tunnel dem Post- und Gepäckverkehr. Er hat je einen besonderen Ausgang zur Post und zum Eilgutschuppen. Der südliche Tunnel verbindet lediglich die Bahnsteige 1 bis 7 und dient im allgemeinen nur dem Bahn-Gepäckverkehr. Bahnsteig 1 ist ausschließlich dem Eilgutverkehr vorbehalten und demgemäß ausgebaut. 23 Gepäckaufzüge vermitteln den gesamten Post- und Gepäckverkehr von den Bahnsteigen zu den Lager- oder Ausgabestellen.

Auf dem Personenbahnhof verkehren täglich 40 Schnellzüge, 18 Eilzüge, 126 Personenzüge, 14 Triebwagenzüge und 30 Eilgüterzüge.

An den Personenbahnhof schließt sich in südwestlicher Richtung der Abstellbahnhof für Personenwagen an mit insgesamt etwa 1450 m Gleislänge.

Zwischen dem Personenbahnhof und dem Verschiebebahnhof liegen die Bahnbetriebswerke.

2. Die Bahnbetriebswerke.

Für die Anlage und Ausgestaltung der Bahnbetriebswerke in den großen Ausmaßen, wie dies in Hamm geschehen ist, sprachen folgende Gründe:

Hamm ist besonders geeignet als Stützpunkt für den Lokomotivbetrieb wegen seiner für die Bildung wirtschaftlicher Dienstpläne günstigen Lage zu den Bahnbetriebswerken der anschließenden Strecken und wegen der aus nächster Umgebung erhältlichen guten Lokomotivkohle. Die Eignung Hamms gründet sich aber weiterhin noch auf die Tatsache, daß gutes und preiswertes Speisewasser aus dem städtischen Wasserwerk erhältlich ist, daß der elektrische Kraft- und Lichtstrom verhältnismäßig billig von einem nahe gelegenen Großkraftwerk (Gersteinwerk) bezogen werden kann und daß die ländliche Umgebung Hamms es ermöglicht, einen gesunden und leistungsfähigen Stamm von Bediensteten (Beamte und Arbeiter) zu erhalten.

Die sehr leistungsfähige Ausgestaltung war aber noch dadurch bedingt, daß die unzureichenden und auch nicht wesentlich erweiterungsfähigen Anlagen in Dortmund die Verlegung des Lokomotivwechsels bei den Schnellzügen zwischen Köln und Hannover nach Hamm und damit die Beseitigung des nach dem Kriege eingeführten unwirtschaftlichen Wechsels in Bielefeld notwendig machten. Insonderheit mußten die Anlagen zur Entnahme von Kohle und Wasser ausreichend bemessen werden, um neben den eigenen auch die große Anzahl von fremden Lokomotiven ausreichend und ohne Verzögerungen oder gar Stockungen versorgen zu können.

Die Betriebswerke sind für den Güterzugbetrieb und den Personenzugbetrieb getrennt angelegt; unterstehen aber einer einheitlichen Leitung.

Der Maschinenbahnhof für den Güterzugbetrieb ist ausgebaut für die Behandlung von 100 eigenen und 60 fremden Lokomotiven. Er liegt am Ostende des Verschiebebahnhofs.

Der in der Abb. 2, Taf. 9 zu erkennende Kohlenbansen erstreckt sich in einer Länge von 185 m und faßt rund 3500 t Steinkohle. Bei einem werktäglichen Kohlenumschlag von rund 350 t würde dieser Bestand bei völliger Stockung der Kohlenzufuhr für eine 10tägige Bekohlung der Lokomotiven ausreichen. Der größte Kohlenumschlag beträgt z. Zt. rund 420 t im Tag.

Westlich dieses Bansens befinden sich das Kohlenkrangleis, das Gleis zum Aufstellen der Kohlenwagen und eine 105 m lange Ausschlackgrube.

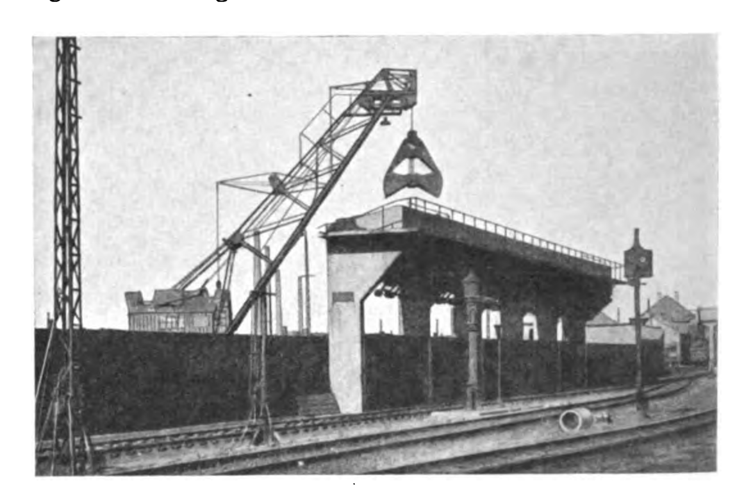


Abb. 2. Hochbunker.

Südlich des Kohlenbansens liegt eine 95 m lange Reserveausschlackgrube. Hier befinden sich auch 25 Hochbunker (Textabb. 2), die im wesentlichen zur Bekohlung der Tenderlokomotiven dienen. Am Kopfende des Kohlenbansens befindet sich die in der Abb. 2, Taf. 9 zu erkennende Sandtrockenanlage und über jedem Lokomotivgleis ein Hochbunker für die Abgabe von Sand. Die Bekohlung der Lokomotiven, das Entleeren der Schlackensümpfe und die Beschickung aller Hochbunker erfolgt durch normalspurige Greiferkräne.

Eine 20 m Drehscheibe vermittelt den Verkehr zwischen Bekohlungsanlage und dem Lokomotivschuppen.

Zwischen Drehscheibe und Lokomotivschuppen (Abb. 2, Taf. 10) liegen links die Werkstätte zur Unterhaltung der maschinellen Anlagen, die Elektrowerkstatt mit Ankerwickelei, das Schalthaus II, die Schreinerei, ein Raum für die Aufnahme von etwa 100 Fahrrädern und das Verwaltungsgebäude, in dem auch die Wasch-, Umkleide- und Aufenthaltsräume für das Lokomotivpersonal enthalten sind; rechts liegen das Nebenlager für Betriebsstoffe, das Werkstofflager, die Dreherei und die Schmiede.

Der Maschinenbahnhof für den Personenzugbetrieb ist ausgebaut für die Behandlung von 45 eigenen und 25 fremden Lokomotiven. Er liegt am Westende des Abstellbahnhofs und ähnelt in seiner Ausführung dem für den Gz-Betrieb. Der Kohlenumschlag beträgt hier rund 220 t in

24 Stunden. Die Fahrwege der Lokomotiven sind aus den Abb. 1 und 2, Taf. 10 ersichtlich. Als Zugang zu den Maschinenbahnhöfen dient ein unter dem Bahnhof liegender Tunnel, dessen Führung aus Abb. 1, Taf. 9 hervorgeht.

3. Die Lokomotivschuppen.

Beide Lokomotivschuppen (Abb. 1 und 2, Taf. 10) haben rechteckigen Grundriß; der Schuppen für Güterzuglokomotiven hat 64 Stände und ist vierschiffig. Drei Schiebebühnen von je 20 m Länge und 150 t Tragfähigkeit vermitteln den Verkehr der Lokomotiven.

Der Lokomotivschuppen für die Personenzuglokomotiven war ursprünglich für 24 Stände ausgebaut, ist aber in der Zwischenzeit um 18 Stände erweitert worden, um für die neuen Einheitsschnellzuglokomotiven genügend Platz zu schaffen. Dieser Schuppen ist dreischiffig und mit zwei Schiebebühnen, eine von 20 m Länge und 150 t Tragfähigkeit und die andere von 23 m Länge und 350 t Tragfähigkeit ausgerüstet. Die 23 m-Schiebebühne wurde von der Firma Vögele, Mannheim und alle übrigen 20 m-Schiebebühnen von der Firma Deutschland in Dortmund geliefert.

Die Hauptträger der 20 m-Bühnen sind aus Fachwerk, die der 23 m-Bühne vollwandig. Die Fahrbahnen der 20 m-Schiebebühnen waren ursprünglich gemäß Textabb. 3 ausgeführt. Diese Ausführung wurde gelegentlich der Aufarbeitung verschlissener Fahrbahnen verlassen. Bei der neuen Ausführung (Textabb. 4) sind zwischen Unterlagplatten und dem Betonfundament Hartfilzplatten oder sog. Gewebeplatten geschaltet, um eine weiche Druckübertragung herbeizuführen. Außerdem sind die Unterlagplatten nicht in das Fundament eingelassen, sondern auf das Fundament gesetzt, und das Fundameut selbst hat ein geringes Gefälle nach dem Schiebebühnenbett zu.

Die neue Ausführung vermeidet den Nachteil der früheren, der darin bestand, daß die im Zement eingebetteten Unterlagplatten sich lockerten, beim Abspritzen der Laufbahnen und aus anderen Anlässen Wasser in die entstandenen Ritzen eindrang und eine Beschädigung des Fundaments herbeiführte. Die neue Ausführung hat sich in angestrengtem Betriebe gut bewährt. Naturgemäß müssen die Unterlagplatten mit besonderer Sorgfalt ausgerichtet werden, so daß die Laufbahn aufs genaueste in der Wasserwaage liegt. Auch muß das Fundament selbst sorgfältig ausgeführt werden, auf beste Mischung des Grobmörtels ist größtes Gewicht zu legen.

Textabb. 5 zeigt die 23 m-Schiebebühne, Textabb. 6 ihre Fahrbahn. Die kurzen Holzschwellen liegen in kleinen Abständen auf dem Fundament. Über ihnen ist als Schienenunterlage ein mit dem Fundament durch Ankerschrauben verbundener Blechrohrstreifen angeordnet. Die Ausführung hat sich in angestrengtem Betriebe ebenfalls gut bewährt. Der Grundgedanke stammt von Reichsbahnoberrat Wöhrl in Nürnberg*).

Die Dächer beider Schuppen haben Bimsbetondecken und Oberlichter aus Drahtglas. Im Oberlichtaufbau angeordnete fahrbare Wagen ermöglichen eine bequeme Reinigung der Oberlichter ohne Gerüst und Betriebserschwerung. Auf dem First sitzen in acht Meter Entfernung Entlüfter (Eberspächer in Baden).

Beide Schuppen haben Sammel-Rauchabführung, die grundsätzlich gleichartig und so angeordnet ist, wie der in Abb. 4, Taf. 9 dargestellte Abschnitt der Pz-Erweiterung zeigt.

Die Rauchkanäle sind an den Dachbindern aufgehängt und mit Hohltonplattenziegeln verkleidet, die sich sehr gut bewährt haben. Ein Teil der Rauchabzugtrichter, und zwar die im neuen Teil des Pz-Schuppens, sind als Halbautomaten der Firma Fabel in München ausgeführt. Entsprechend der Felderzahl in beiden Schuppen sind zusammen sieben Schornsteine vorhanden, vier im Gz-Lokomotivschuppen und drei im Pz-Lokomotivschuppen. Die Schornsteine haben folgende Hauptabmessungen: Im Gz-Lokomotivschuppen: ein Schornstein 55 m hoch und 2,5 m obere und 3,06 m untere lichte Weite, zwei gleiche Schornsteine je 50 m hoch und 1,8 m obere und 2,68 m untere lichte Weite, ein Schornstein 33 m hoch und 1,0 m obere und 1,5 m untere lichte Weite. Im Pz-Lokomotivschuppen: ein Schornstein 52 m hoch und 1,60 m obere und 4,08 m untere lichte Weite, ein Schornstein 35 m hoch und 1,10 m obere und 1,68 m untere lichte Weite, ein Schornstein 30 m hoch und 1,0 m obere und 1,38 m untere lichte Weite.

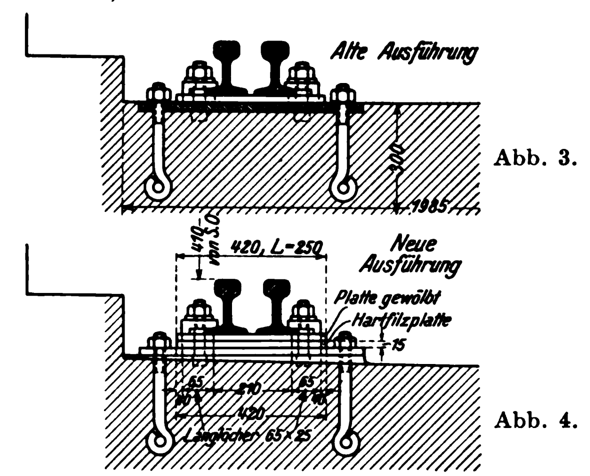


Abb. 3.

Abb. 4.

Abb. 3 u. 4. Auflagerung der Laufschienen der Schiebebühne.

Im Schuppen für Güterzuglokomotiven befindet sich eine Achssenke der Regelbauart mit elektr. Antrieb und 3 t Tragfähigkeit. Der Pz-Lokomotivschuppen hat dagegen eine neuartige Achssenke von 5 t Tragfähigkeit erhalten, deren Bühne sich durch vier Schraubenspindel, die von einem Elektromotor angetrieben werden, heben und senken läßt. Diese Senke bietet den Vorteil, daß die Arbeiter beim Ausbau und Wiedereinbau der Achsen auf der Bühne stehen können, wodurch Zeit und Arbeitskraft für das Auflegen von Bohlen und dergleichen gespart werden.

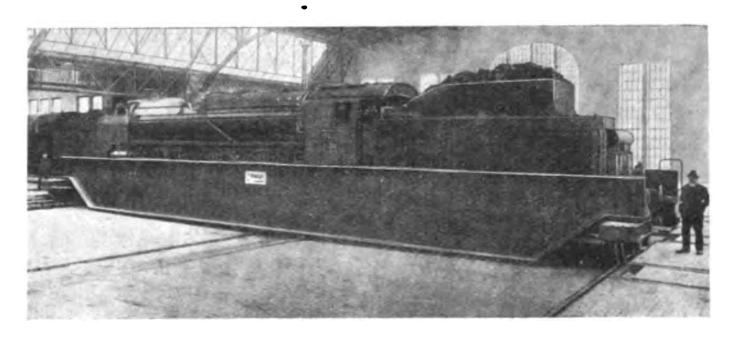


Abb. 5. 23 m-Schiebebühne.

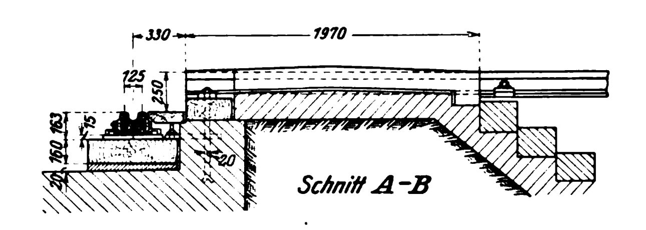
Für das Auswaschen der Lokomotiven ist in jedem Schuppen eine Auswaschanlage vorhanden, die eine weitestgehende Ausnutzung des Dampfes und des heißen Wassers der auszuwaschenden Lokomotiven gewährleistet. Der Wirkungsgrad der Anlage im Gz-Lokomotivschuppen ist bei einem 24stündigen Dauerbetrieb zu 75 % ermittelt worden. Alle Ventile sowie die Pumpen sind vereinigt angeordnet (Textabb. 7). Zur Aufnahme des Füll-, Spritz- oder Spülwassers dienen zwei zwischen den Lokomotivauswaschständen unter der Schuppensohle angeordnete Wasserbehälter von je 25 cbm Inhalt. Sie sind aus Flußbeton hergestellt und gegenüber dem Erdreich durch eine Sandschicht isoliert. Beide Behälter reichen für die Behandlung von arbeitstäglich vier Loko-

*) Vergl. Organ 1925, S. 286.

motiven aus und sind mit zweckentsprechenden Rohrheizschlangen ausgerüstet.

Die Wirkungsweise der Anlage ist folgende: Grundsatz ist, daß der Füllwasserbehälter zunächst nur bis etwa zur Hälfte mit Frischwasser gefüllt wird. Der abzulassende Dampf wird dann hineingeleitet und schlägt sich hier nieder. Es besteht jedoch auch eine Schaltmöglichkeit, den Dampf in den Spritzwasserbehälter zu leiten — in dem Falle, wenn über Sonntag die Anlage stillgestanden und sich das Spritzwasser zu sehr abgekühlt hat.

Für die Versorgung der Lokomotiven mit Preßluft, insbesondere zum Ausblasen der Siederohre, befindet sich in beiden Lokomotivschuppen je ein einstufiger elektrisch angetriebener Luftpresser mit Mantelkühlung. Die Leistung beträgt je 4,5 cbm anges. Luft in der Minute. In den Schuppen vorhandene Sammelkessel sorgen für den Ausgleich der Luftmengen. Das Ausblasen der Siederohre erfolgt durch nur e i n e Arbeitskraft. Die früher benötigte Hilfskraft ist durch Anordnung von Hilfsschienen, über die das hintere Ende der Rohrbläser gestützt und mit Hubbegrenzung geführt wird, in Fortfall gekommen.



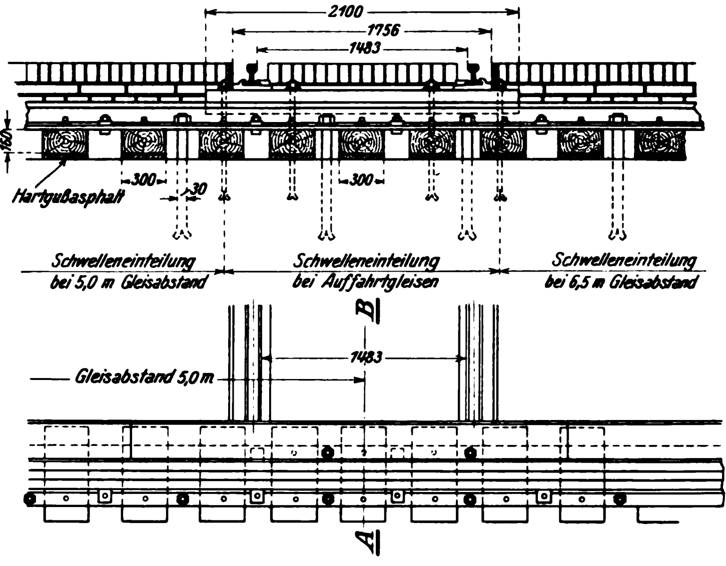


Abb. 6. Schiebebühnenfahrbahn.

Wenn der Dampf abgelassen ist, wird umgeschaltet und das heiße Kesselwasser in den Spritzwasserbehälter geleitet, jedoch nicht unmittelbar, das Wasser muß vielmehr zunächst durch die im Füllwasserbehälter liegenden Rohrschlangen fließen und so auf diesem Wege den größten Teil seiner Wärme an das Füllwasser abgeben. Sind alle Auswaschlokomotiven abgelassen und ist damit auch der Spritzwasserbehälter ausreichend gefüllt, so wird mit der weiteren Füllung des Füllwasserbehälters mit Frischwasser begonnen. Da die Frischwasserleitung zunächst wiederum in Schlangenwindungen durch den Spritzwasserbehälter geführt wird, wird dem Spritzwasser bei zunächst verhältnismäßig hohem Temperaturgefälle die überschießende Wärme entzogen und auf das Füllwasser übertragen. Durch entsprechende Anordnung und Bemessung des Rohrsystems und durch die Teilung des Füllvorganges werden Füllwassertemperaturen von rd. 75° und solche des Spritzwassers von rd. 50° erreicht.

Die Auswaschkreiselpumpen sind elektrisch angetrieben und mit ihrem Antriebsmotor auf gemeinsamer Grundplatte angeordnet, sie leisten 400 l/Min. und erzeugen einen Spritzdruck von 5 atü. Ein bei jeder der beiden Auswaschanlagen noch vorhandener schmiedeeiserner Wärmespeicher gestattet es, auch noch die Waschanlagen der Arbeiter mit warmem Wasser zu versorgen.

Die Anlage wurde aus den in Wedau und Duisburg-Hochfeld gewonnenen Erfahrungen entwickelt (s. Organ f. d. Fortschr. d. E. 1917, Seite 2 und 3 und G l a s e r s Annalen 1917, Seite 146 und 147). Der Grundgedanke ist in G l a s e r s Annalen 1917 auf S. 147 am Schluß ausgesprochen. Das Verfahren ist vom Reichsbahnzentralamt als Verfahren 6 in die Grundzüge für Lokomotivauswaschanlagen aufgenommen worden.

Über den Auswaschständen ist ein Deckenlaufkran zum Abheben der Dome usw. vorgesehen. Im übrigen werden fahrbare Krane und Flaschenzüge und dergl. benutzt.

An weiteren Sondereinrichtungen in den Lokomotivschuppen seien in diesem Zusammenhang angeführt: Eine hydraulisch betriebene Vorrichtung zum schnellen Auswechseln

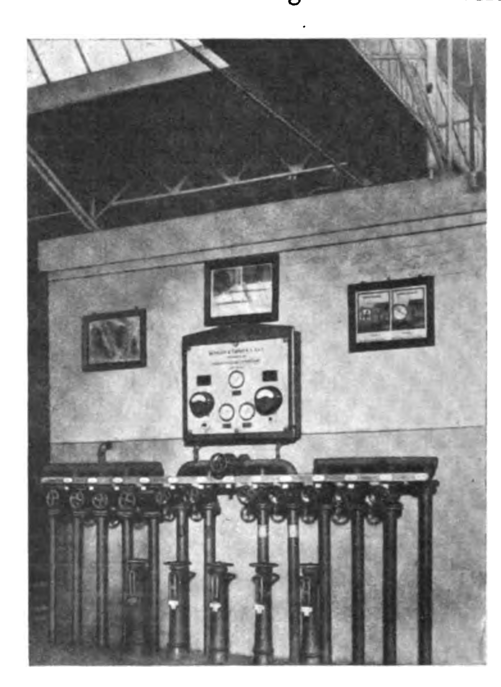


Abb. 7. Auswaschanlage.

von Tragfedern, ein besonders gebauter Sandwagen zum Besanden der Lokomotivstände und besonders gebaute Spritzvorrichtungen zum Reinigen der Lokomotivkessel sowie eine Einsetzwinde zum Vorholen kalter Lokomotiven.

Die Beleuchtung der Schiebebühnenschiffe erfolgt durch je zwei Kandemleuchten. Zwischen je zwei Lokomotivständen

befinden sich zwei blendungsfreie Leuchtkörper, die in 6 m Lichtpunkthöhe aufgehängt und so geschaltet sind, daß sie teilweise und ganz abgeschaltet werden können.

4. Die Drehscheiben und deren Fundamente.

Vor dem Gz-Lokomotivschuppen liegt eine normale Drehscheibe von 20 m Durchmesser, die gleiche befindet sich nördlich des Personenbahnhofs (Lieferer Eschweiler Bergwerksverein). Vor dem Lokomotivschuppen für Personenzugbetrieb und am südlichen Ende des Verschiebebahnhofs ist je eine 20 m-Gelenkdrehscheibe (Vögele, Mannheim) vorhanden.

In Verlängerung der Erweiterung des Pz-Lokomotivschuppens liegt die von Windhoff (Rheine) gebaute Gelenkdrehscheibe von 23 m Durchm.

durch den Greifer gesichert. Die Gruben werden durch Rohre und Schieber mit den Abwasserleitungen verbunden. Längs jeder Untersuchungsgrube liegt eine Wasserleitung zum Ablöschen der Schlacke.

In den Ausfallöffnungen zu den Schlackengruben liegen Pendelbleche, über die die Schlacke in die Gruben abrutscht. Im Ruhezustand werden die Pendelbleche umgelegt und die Öffnungen damit verschlossen gehalten. Oben sind die Schlackengruben durch verschiebbare Roste abgedeckt. Die Anordnung der Gruben zu dem Wasserkran und Kohlenkran ist so getroffen, daß die Lokomotiven gleichzeitig entschlackt, bekohlt und mit Wasser versorgt werden können. Zwischen den Schlackengruben befinden sich noch trocken gehaltene Behälter zur gesonderten Aufnahme der Rauchkammerlösche

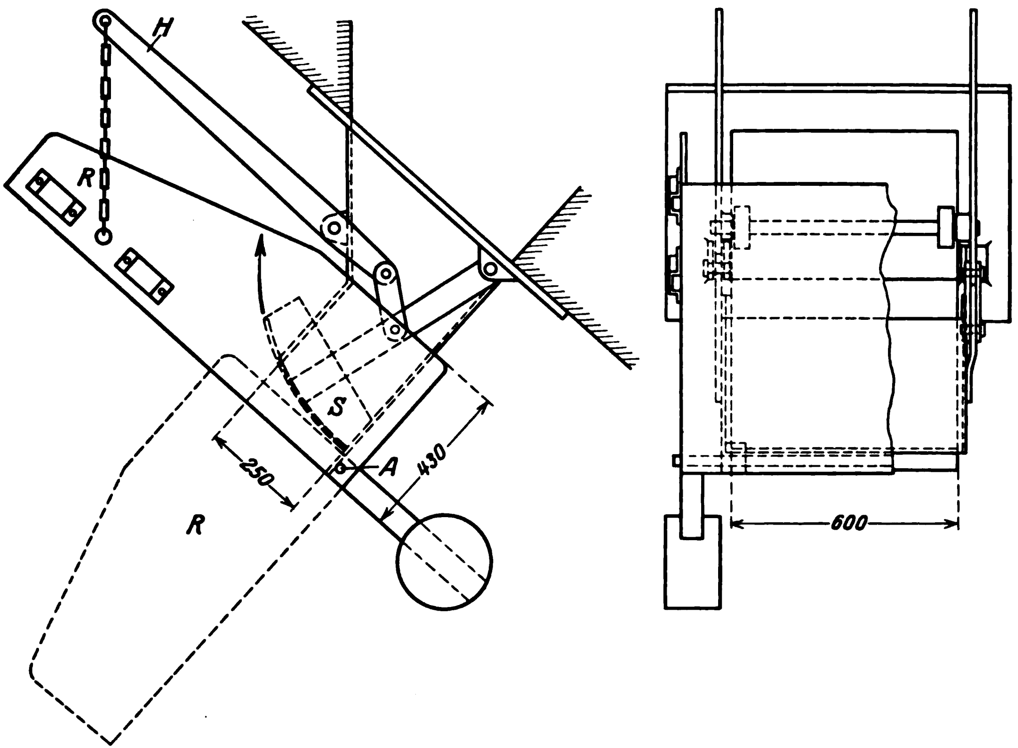


Abb. 8. Kohlenrutsche. Taschenverschluß.

Die Fundamente der Drehscheiben sind einheitlich ausgeführt. Ein Fundament besteht aus einem Ring aus bewehrtem Grobmörtel, um die an den Laufrädern auftretenden Kräfte aufzunehmen. An den Auffahrtstellen sind Ansätze vorgesehen, um den anschließenden Gleisen gute Auflagen zu geben. Der Laufkranz (eine Schiene) ist in derselben Weise wie in Textabb. 4 befestigt.

5. Die Bekohlungsanlage.

Der regelspurige Greiferkran, der in Hamm grundsätzlich angewandt wird, hat 9 m Ausladung und 6,5 m Hubhöhe. Er ist mit Eßmannwaage ausgerüstet, so daß das Gewicht jeder Greiferfüllung festgestellt und dem Lokomotivführer durch Wiegekarte mitgeteilt werden kann. Die Hubseile sind so lang, daß der Kran bis 3 m unter Schienenoberkante greifen kann. Abb. 2, Taf. 9 deutet die Untersuchungs- und Schlackengruben an. Entsprechend der im Organ 1917 gegebenen Anregung sind die bei der Bewegung der Lokomotiven auftretenden senkrechten und wagerechten Kräfte dadurch aufgefangen, daß die Gruben aus einem geschlossenen Körper aus bewehrtem Grobmörtel ausgeführt sind. Die Eiseneinlagen verbinden sowohl die Seitenwände mit den Stützen als auch die Stützen untereinander. Die Grubenwände sind zum Schutz gegen die Hitze der Schlacken durch Klammersteine der Biebricher Tonwerke geschützt. Die Stützen sind durch eiserne Bänder und Winkeleisen gegen Beschädigungen

Die Wände des Kohlenbansens sind aus bewehrtem Grobmörtel hergestellt. Der Fußboden besteht aus Grobmörtel und ist zur Abwasserleitung hin entwässert.

Die Kohlenbunker zeigt Textabb. 2. Jede Tasche faßt zwei Tonnen.

Der Taschenverschluß und die anschließende Kohlenrutsche sind in Textabb. 8 dargestellt.

Das Rutschenblech R ist bei A drehbar gelagert; die Massen sind durch Anordnung eines Gegengewichtes so ausgeglichen, daß die Rutsche in der Ruhestellung nach oben zeigt. Beim Bekohlen wird die Rutsche von Hand nach unten gezogen und zunächst festgehalten (gestrichelte Lage). Durch Herunterziehen des Hebels H gibt der Schieber S die Ausfallöffnung der Bunkertasche frei. Werden Rutsche und Hebel H losgelassen, so schnellt die Rutsche unter Einwirkung des Gegengewichtes nach oben und der Schieber S fällt infolge seines Eigengewichtes nach unten und schließt die Bunkertasche. Es kann also die Bekohlung beliebig unterbrochen und damit eine bequeme Verteilung der Kohlen auf dem Tender erreicht werden.

Einzelne Rutschen sind noch zusätzlich mit Leitblechen versehen, um beim Bekohlen von Tenderlokomotiven ein Abstürzen der Kohlen zu verhüten.

Für das richtige Fallen der Kohle sind außer dem Freisein der Umgrenzung des lichten Raumes namentlich maßgebend

das Maß von Unterkante Rutsche zur Mitte Lokomotivgleis, ihr Abstand von S. O. und der Rutschwinkel.

6. Die Sandtrockenanlage (s. Abb. 2, Taf. 9).

Die Anlage ist nach den gleichen Grundsätzen wie in Wedau (s. Organ 1917) ausgeführt. Sie ist durch Einbau eines Sandbunkers unmittelbar über dem Sandtrockenofen (Textabb. 9) so verbessert, daß der vom Greifer in den Bunker geworfene nasse Sand beim Trocknen von selbst durch den Ofen hindurchläuft, so daß außer zum Stochen und zum Reinigen des Ofens keine Bedienung mehr erforderlich ist.

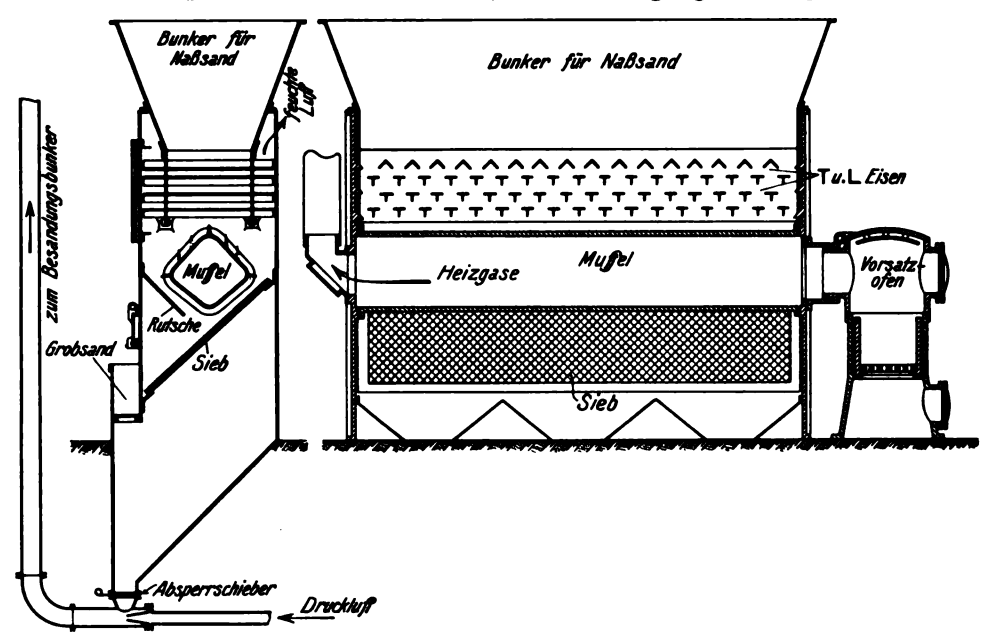


Abb. 9. Schema des Sandtrockenofens und Förderung in den Besandungsbunker.

Die Feuergase des Vorsatzofens gehen durch die Muffel zum Schornstein. Die schrägen eisernen Roste liegen in solchen Zwischenräumen, daß ein allmähliches Durchrieseln des abströmenden Sandes stattfindet. Die einzelnen Roststäbe können zwecks Reinigung seitlich herausgezogen werden. Der bei der Trocknung entstehende Wasserdampf entweicht durch seitliche Öffnungen. Die Leistung des Ofens beträgt 0,2 cbm in der Stunde und der Kohlenverbrauch etwa rd. 5 kg in der Stunde. Mittels Luftdruck wird der getrocknete Sand in die Besandungsbunker gebracht.

7. Die Betriebswagenwerke (Abb. 3, Taf. 10).

Die Behandlung und Unterhaltung der Personenwagen finden teils in ungedeckten Reinigungs- und Aufstellungsgleisen, teils in einer gedeckten Wagenhalle statt (Textabb. 10). An Reinigungsgleisen mit ungedeckten Ständen stehen rund 1450 m zur Verfügung; diese Gleise haben z. T. auch Entnahmeständer für Gas und Dampf. Die Wagenhalle ist 270 m lang und enthält vier Gleise. Längs der Halle sind die Büroräume, Zimmer für das Personal, Lagerräume und Räume für die maschinellen Einrichtungen angeordnet. Zwischen den Gleisen sind Ständer zur Entnahme von Druckluft, Preßgas, Wasser und Dampf vorgesehen und zwar 45 Entnahmestellen für Luft und Gas, 50 für Wasser und 16 für Dampf. In den äußeren Gleisen befindet sich in den Arbeitsgruben eine Auftauheizung, um die Untergestelle der Fahrzeuge schnell von Eis und Schnee zu befreien.

Die Vorheizanlage enthält zwei kombinierte Zweiflammrohr- und Heizrohrkessel von je 108 qm Heizfläche mit Dampftrockner, Dampfsammler und Vorwärmer; der Betriebsdruck beträgt 10 at, die durchschnittliche Belastung 12 kg Dampf je qm Heizfläche. An den Sammler schließen sich die Leitungen von zusammen 410 m an. Durch einen Schlammabscheider Bauart Pesch, Essen wird der Schlamm während des Betriebes von Zeit zu Zeit abgeblasen. Zur Feuerung wird mit gutem Erfolg Schlammkohle mit Förderkohle im Mischungsverhältnis 1:2 verwandt, wodurch eine erhebliche Ersparnis erzielt wurde. An die Vorheizanlage schließt sich der Raum für den oben erwähnten Luftverdichter an.

Neben dem Luftverdichterraum liegt der Gasverdichterraum mit zwei Preßpumpen von je 50 cbm Stundenleistung und 15 atü. Das Gas wird mittels Gaskesselwagen von der in Dortmund gelegenen Ölgasanstalt Pintsch zugeführt und durch die Pumpen in zwei Kessel von je 20 cbm gedrückt. An diese Kessel ist ein Leitungsnetz von rund 5000 m Länge mit 68 Entnahmestellen angeschlossen.

Zum Aufladen der Batterien der mit elektr. Beleuchtung ausgerüsteten D- und Personenwagen ist eine Ladeanlage mit einer Leistung von 1,7 kW vorhanden, die zur Vermeidung von Spannungsverlusten etwa in der Mitte der Wagenhalle eingebaut ist.

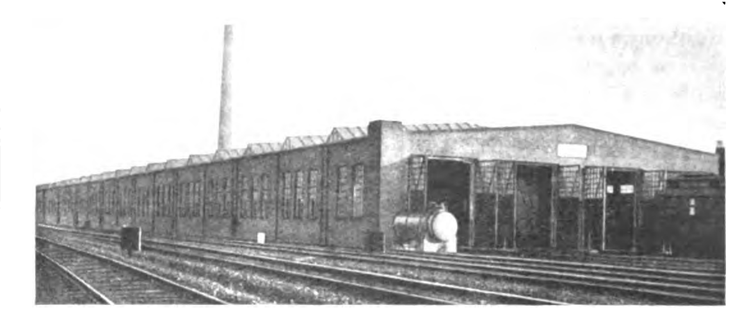


Abb. 10. Wagenreinigungshalle. Südliche Ansicht.

In der Anlage werden täglich 14 Züge mit Haupt- und 15 Züge mit Nebenreinigung behandelt.

Die Wagenwerkstatt I (siehe Textabb. 11 und Abb. 3, Taf. 10) ist 75 m lang und 12 m breit und enthält Dreherei, Schmiede, Schreinerei, Werkstofflager, Büro-, Wasch- und Aufenthaltsräume. An beiden Stirnseiten der Halle schließen sich 115 unbedeckte Reparaturstände an. Die Halle enthält außer reichlichen Arbeitsgruben vier Stände zum Auswechseln der Radsätze (Achssenke), elektrische Laufkatze, um die ausgebauten Achsen zur Dreherei zu befördern und eine Gleiswaage

von 30000 kg Tragkraft. Die Dreherei ist mit einer Achsschenkeldrehbank, einer Spindeldrehbank, einer Achslagerfräsbank und mit verschiedenen Bohr- und Gewindeschneidmaschinen ausgerüstet. Die Schmiede enthält vier Schmiedefeuer und einen Lufthammer. In der Schreinerei sind eine Kreissäge, eine vereinigte Abricht- und Dicktenhobelmaschine, eine Bandsäge mit Fräsvorrichtung, eine Holzbohrmaschine und eine Sägen- und Hobelmesserschleifmaschine aufgestellt.

Die Zahl der beschäftigten Arbeiter beträgt 30; es werden täglich 50 bis 55 Wagen der Schadengruppe 1 wiederhergestellt und drei bis fünf Wagen bremstechnisch untersucht.



Abb. 11. Werkstatt I. Südliche Ansicht.

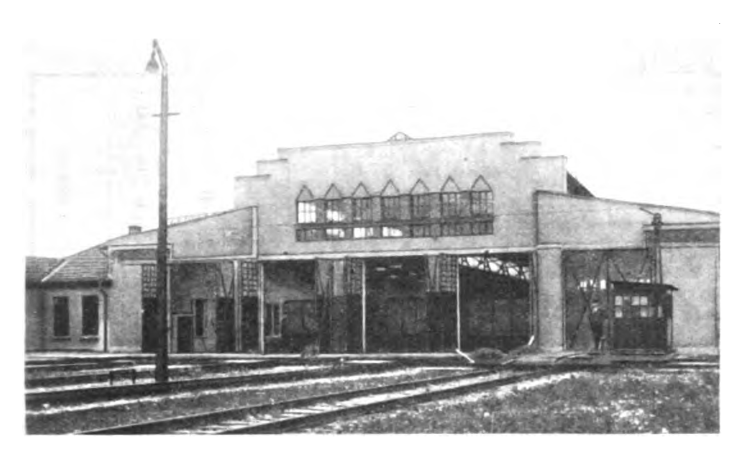


Abb. 12. Werkstatt II. Nördliche Ansicht.

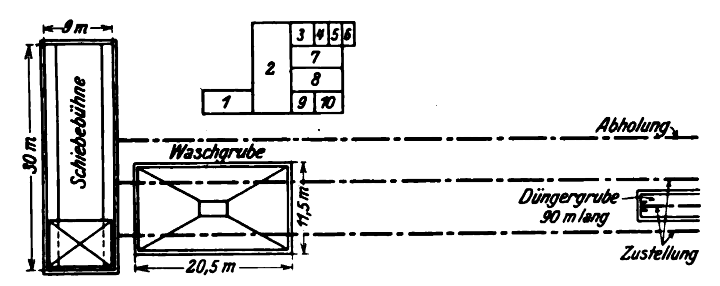


Abb. 13. Viehwagenwäsche auf Bahnhof Hamm i. Westf.

Die Wagenwerkstatt II siehe Textabb. 12 und Abb. 4, Taf. 10 besteht aus einem rd. 100 m langen und 32 m breiten Gebäude und enthält im allgemeinen dieselben Räume wie die Wagenwerkstatt I. Die Halle ist in Eisenkonstruktion ausgeführt und umfaßt fünf Gleise mit 45 Ständen; die Zahl der unbedeckten Stände beträgt 42. Außer reichlichen Arbeitsgruben für bremstechnische Untersuchungen sind noch vier Stände zum Auswechseln der Radsätze (Achssenke), eine Gleiswaage von 40000 kg Tragkraft und eine Schiebebühne vorhanden. Die maschinellen Einrichtungen der Dreherei, der Schmiede und der Schreinerei sind die gleichen wie bei der Wagenwerkstatt I.

Die Anzahl der hier beschäftigten Arbeiter beträgt 30, der tägliche Ausgang an wiederhergestellten Wagen der Schadengruppe 1 rund 50, dazu kommen noch zwei bis drei Wagen mit bremstechnischer Untersuchung.

In der Reinigungs- und Entseuchungsanlage (Viehwagenwäsche) Textabb. 13 werden im Durchschnitt 30 bis 35 Wagen, bei gesteigertem Verkehr bis zu 100 Wagen behandelt. Nach Entladen des Düngers werden die Wagen durch das Spill der Schiebebühne auf die Waschgruben gesetzt. Das Spritzwasser kann mit vier Schläuchen bei einem Druck bis zu 6 at und einer Temperatur von rd. 80° C der Leitung entnommen werden. Zum Zwecke der verschärften Reinigung sind zwei getrennte Leitungen für Soda- und Kreosolschwefelsäurelösungen vorhanden. Die Lösungen werden unter Verwendung von Preßluft und Zerstäuber in die Wagen gespritzt.

Eine Badeanstalt sorgt für die gründliche Reinigung der Arbeiter und schützt dadurch vor Verschleppungen der Krankheitserreger.

8. Die Versorgung des Bahnhofs Hamm mit Gebrauchs- und insbesondere mit Lokomotivspeisewasser (Abb. 1, Taf. 11).

Der Wasserverbrauch des Bahnhofs Hamm beträgt arbeitstäglich z. Z. rund 4500 cbm.

Lieferer des Wassers sind die städtischen Wasserwerke Hamm. Von den städtischen Wassertürmen führt zunächst eine Zuführungsleitung von 350 mm Durchmesser zum Bahngelände südlich des Personenbahnhofs. Eine zweite Leitung von 500 mm Durchmesser führt durch den Bahnkörper zum Wasserturm Rosengartenstraße (siehe Plan 23). Zum Ausgleich der benötigten Wassermengen dienen drei Wassertürme und zwar je zwei von 1000 cbm und einer von 160 cbm Inhalt. Die beiden erstgenannten Wassertürme sind durch Rohrleitungen miteinander verbunden.



Abb. 14. Wasserturm am „Schwarzen Weg“.

Ein ausgedehntes Rohrnetz ist über den ganzen Bahnhof verteilt; mehrere Ringleitungen ermöglichen eine nahezu ungestörte Wasserversorgung auch bei Rohrbrüchen in den verschiedenen Bezirken (siehe Plan).

26 Wasserkräne vermitteln die Lokomotivwasserversorgung. Hiervon befinden sich zwölf von je sechs m³ Minutenleistung an den Bahnsteigen. Die Bekohlungsanlagen sind mit je vier Wasserkränen ausgerüstet. Der Rest ist auf den Verschiebebahnhof verteilt.

Die Wasserwerke der Stadt Hamm sind imstande, stündlich 600 cbm Wasser zu liefern.

In Stockungsfällen steht eine bahneigene elektrisch angetriebene Hochdruckkreiselpumpe mit einer stündlichen Leistung von 150 cbm zur Verfügung. Das Wasser wird in diesem Falle dem Lippe-Seitenkanal entnommen. Eine Anlage zur Bereitung keimfreien Wassers (Chlorator-Gesellschaft m. b. H., Berlin) verhindert eine Verseuchung des Rohrnetzes, wenn die Notpumpenanlage in Betrieb genommen und Wasser aus dem Lippe-Seitenkanal entnommen wird. Unter Ausnutzung der in den Wassertürmen vorhandenen Vorräte war es bisher möglich, die Wasserversorgung bei städtischen

Geschäftsplan des Bahnbetriebswerks Hamm. Durchschnittlicher Personalstand 725.

Leitung:
Amtmann.
Aufsicht der Beamten und Arbeiter und des gesamten Betriebes.

- **Arbeitsrate A:** Personalabteilung. Obersekretär. Beamten- und Arbeiterpersonalien, Allgemeiner Schriftverkehr, Lohnzahlung.
  - Reichsb.-Assistent: Prüfung und Ausstellung der Lochkarten
  - Reichsb.-Assistent: Prüfung der Lokdienstzettel
  - Reichsb.-Assistent: Kohlenersparnisprämie, Aufwandsentschädigung
  - Reichsb.-Assistent: Prüfung der Lohnrechnungen, Gedingzettel. Bedienung der Fernsprech-Zent.
  - Schreibgehilfe: Lohnrechnungen, Beitragsliste für Krankenkasse und Pensionskasse
  - Schreibgehilfe: Freifahrscheine, Beurlaubung, Krankenwesen, Dienstkleider
  - Schreibgehilfe: Lohnrechnungen, Personalakten der Arbeiter, Gedingewesen
  - Schreibgehilfe: Lohnrechnungen, Steuerlisten, Gedingezettel
  - Schreibgehilfe: Wirtschaftlichkeitsübersicht, Zusammenstellung der Lok.leistung, Dienstvorschriften
  - Reichsb.-Assistent: Dienst- und Arbeitspläne für Beamte und Arbeiter, Tagebuch
- **Arbeitsrate B:** Lokomotivbetriebsdienst. Maschineninspektor. Leitung des Personenzug-, Güterzuglokomotivschuppens und der Werkstätten.
  - 3 Bw.-Vorsteher: Lok.dienstleitung am Gz.-Lok.schuppen, Vernehmungen
  - 3 Bw.-Vorsteher: Lok.dienstleitung und Werkstatt am Pz.-Lok.schuppen
  - B.-Werkmeister: Dreherei, Schmiede, Kupferschmiede, Anstreicher, Schreinerei
  - 2 B.-Werkmeister: Gz.-Lok.schuppen in 2 Schichten
  - 3 B.-Werkführer: Pz.-Lok.schuppen in 3 Schichten
- **Arbeitsrate C:** Werkvorsteher. Diensteinteilungen für Personenzug- und Güterzuglok. und stat. Personal, Behandlung aller Betriebsunregelmäßigkeiten, Kohlenverteilung, Vernehmungen.
- **Arbeitsrate D:** Maschineninspektor. Bestz.-Kontrolle, Arbeits-Pläne, elektr., masch., mechan. u. baul. Anlagen. Akk.-Wagenladestation, Wärmewirtschaft, Nebenlager.
  - Ob.-Mat.-Aufseher: Aufsicht Betriebsstoff-Nebenlager
  - Werkmeister: Aufsicht Schalthaus II, Elt.-Werkstatt, Ankerwickelei
  - Werkführer: Elt.-Außenanlagen, Ladestation für Akk.-Wagen
  - Werkführer: Aufsicht Schalthaus I. Gepäckaufzüge

Abb. 15

Störungen bis zu 50 Stunden mit der Notpumpenanlage sicherzustellen.

Zu erwähnen wäre noch, daß der Unterbau des am „Schwarzen Weg" gelegenen Wasserturms (Textabb. 14) zur Erhöhung der wirtschaftlichen Ausnutzung des Baues sechs Wohnungen von je fünf Räumen enthält.

9. Die Versorgung des Bahnhofs Hamm mit elektrischem Kraft- und Lichtstrom (Abb. 2, Taf. 11).

Der Anschlußwert des Bahnhofs Hamm beträgt z. Z. rund 1840 kW. Die höchste Stromentnahme schwankt in den Tagesstunden zwischen 200 und 220 kW, in den Nachtstunden zwischen 500 und 520 kW. Auf den Lichtstrom entfallen vom Anschlußwert rund 320 kW, für die Kraftanlagen rund 1505 kW und auf Weichen- und Signalbeleuchtung 15 kW.

Stromlieferer sind die Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen. Der Strom gelangt von dem Gersteinwerk bei Stockum über das Schaltwerk „Radbod" mit 10000 Volt in das Übergabeschalthaus der Reichsbahn (siehe Schaltplan nördlicher Personenbahnhof). Hier erfolgt die Umspannung von 10000 auf 5000 Volt und die Weiterleitung des Stromes in das, im Empfangsgebäude befindliche Schalthaus I.

Wie aus dem Stromverteilungsplan (Abb. 24) zu ersehen, sind die Brennpunkte des Bahnhofs mit weiteren Hochspannungsstationen belegt. So z. B. beim Güterzuglokomotivschuppen das Schalthaus II, beim Wagenwerk 1 das Schalthaus IIa, beim Personenzuglokomotivschuppen das Schalthaus III, beim Ortsgüterbahnhof das Schalthaus IIIa, der Abstellbahnhof mit Schalthaus IIIb, der Verschiebebahnhof mit Schalthaus IV und V. Das am südlichen Ende des Verschiebebahnhofs gelegene Schalthaus VI versorgt auch eine

Geschäftsplan des Bahnbetriebswagenwerks Hamm. Durchschnittlicher Personalstand 225.

Leitung:
Maschinen-Oberinspektor.
Beaufsichtigung der Beamten und Arbeiter und des gesamten Betriebes.

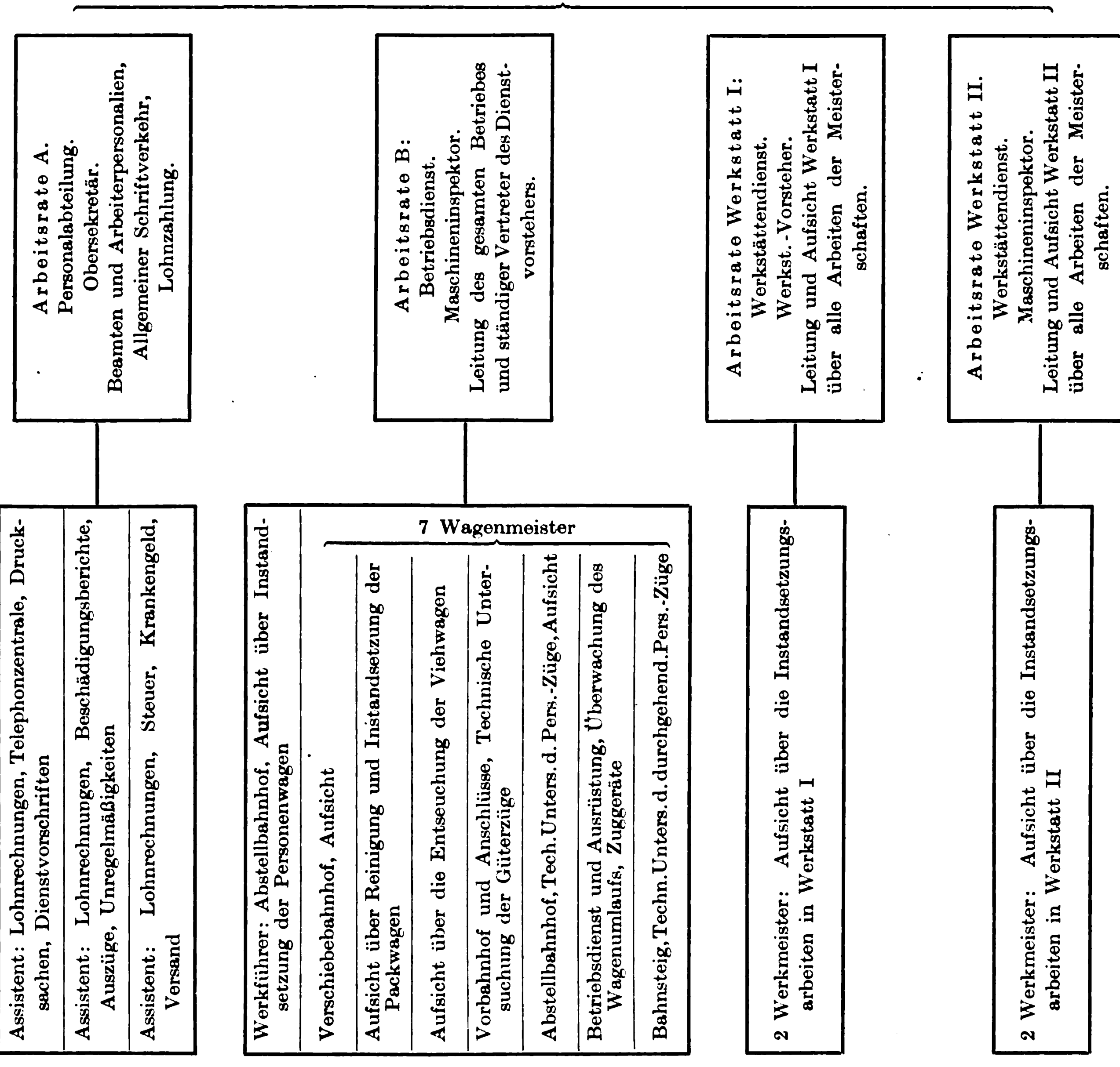


Abb. 16

Triebwagenladestation mit hochgespanntem Strom. Die Umspannstationen sind sämtlich durch doppelte Kabel verbunden. Die Umschaltung der Kabel erfolgt monatlich einmal, so daß eine unbedingt störungfreie Stromversorgung gewährleistet wird. Die Schaltstationen enthalten je nach der Belastung Transformatoren in den Leistungen von 30 bis 200 KVA. Vorhanden sind insgesamt 19 Transformatoren, die etwa 250 Motoren und 5200 Brennstellen mit Strom von 220 Volt versorgen.

Bemerkenswert ist, daß die Außenlampen des Bahnhofs einheitlich auf eine Lichtpunkthöhe von 9 m gebracht und so eine gute Bodenbeleuchtung erzielt wurde, ohne daß auf sehr hohe Kerzenstärken der Lampen zurückgegriffen werden brauchte. Die Lampen haben im allgemeinen 500 Watt.

Als Reserve bei Störungen in der Stromzuführung steht das Lippe-Kraftwerk zur Verfügung, das der Preußischen Wasserbauverwaltung gehört und an die Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen verpachtet ist, die die Betriebsführung übernommen haben. Dieses Kraftwerk steht durch zwei Hauptkabel mit dem Schalthaus I in Verbindung. Die Umschaltung erfolgt nach Bedarf.

Die Strompreise betragen für die Hauptabnehmer 8,1 *Rpf.* je kWh. Für die vorerwähnte Triebwagenladestation wird als Tagesstrompreis 7,05 *Rpf.* und für den Nachtstrom 5 *Rpf.* je kWh berechnet.

10. Druckluftanlagen.

Die Druckluftanlage dient einerseits zum Betrieb der Entstaubungsvorrichtungen bei Reinigung der Personenzüge im Abstellbahnhof und von Preßluftwerkzeugen in den Werkstätten, andrerseits zur Vornahme der Bremsprüfungen und Bremsproben bei den zusammengestellten Personen-

zügen im Abstellbahnhof, der Güterzüge im Verschiebebahnhof und zur Untersuchung der Druckluftbremsen einzelner Wagen bei den Bremsuntersuchungen in den zwei Werkstätten für Güterwagen. Die Preßlufterzeugungsanlage ist, wie oben erwähnt, in zwei Räumen des Personenzug-Abstellbahnhofs untergebracht. Im oberen Raum befindet sich der Luftverdichter mit Antriebsmotor, im unteren Raum das Saugfilter und der Luftkessel mit Sicherheitsventil. Der Luftverdichter (Borsig) ist einstufig mit 180 Umdrehungen und 18,6 cbm Luftpressung auf 8 Atm. in der Minute. 4600 m Rohrleitungen von 1½ und 1" l. W. mit 160 Zapfstellen sind angeschlossen. In das Rohrnetz sind acht Luftbehälter von je sechs cbm Inhalt als Ausgleichbehälter und zwei Wasserabscheider eingebaut. Das ganze Leitungsnetz ist in fünf Abschnitte eingeteilt:

1. Abschnitt Personenzug-Abstellbahnhof.
2. Abschnitt Personenzug-Abstellbahnhof bis Verschiebebahnhof Bezirk II, Gleis 240/41.
3. Abschnitt Verschiebebahnhof Bezirk II, Gleis 240/41 bis Bezirk II, Gleis 219/20.
4. Abschnitt Verschiebebahnhof Bezirk II, Gleis 219/20 bis Verschiebebahnhof, Stellwerk Vmo.
5. Abschnitt Verschiebebahnhof Stellwerk Vmo bis Werkstatt II.

Außerdem sind alle Abzweigstellen je mit einem Absperrventil, das in einem gemauerten Schacht gelagert ist, versehen. Am Ende jeder Zweigleitung befindet sich ein in einem Schacht gelagerter Entwässerungshahn.

Der Antriebsmotor des Luftpressers (Bergmann A.-G., Berlin) hat eine Dauerleistung von 110 kW bei 485 Umdrehungen in der Minute und ist gebaut für 380/220 Volt und 192/332 Amp. Die Anlage ist mit einem selbsttätigen Anlasser (Friedrichs, Barmen) ausgerüstet. Um in dem langen Leitungsnetz bei starkem Bedarf einen Luftabfall ausgleichen zu können, ist in der Werkstatt II noch ein zweiter kleiner Luftpresser (Zwickauer Maschinenfabrik) aufgestellt. Er liefert in der Minute bei 300 Umdrehungen 2,5 cbm zu 8 Atm. Der Antriebsmotor ist mit einer selbsttätigen Anlassvorrichtung „Celos" ausgerüstet. Ein Saugfilter und Wasserabscheider sind gleichfalls vorhanden.

Um bei einem Ausfall des großen Luftpressers Störungen begegnen zu können, sind noch zwei in den Lokomotivschuppen vorhandene Luftpresser so an das Leitungsnetz angeschlossen, daß sie zu jeder Zeit mit auf das Netz arbeiten können. Umgekehrt kann auch bei Störungen im Luftpresserbetrieb der Lokomotivschuppen Luft aus dem KK.-Netz abgegeben werden. Außerdem sind noch im Personenzuglokomotivschuppen zwei Lokomotiv-Dampfluftpumpen eingebaut, die bei dem Ausfall des großen Luftpressers im Abstellbahnhof und starken Luftbedarf mit angesetzt werden können.

Zur Prüfung der KK.-Bremsen der Güterzüge im Einbzw. Ausgang sind im Bezirk I bis IV des Verschiebebahnhofs in ausreichender Anzahl Prüfständer eingebaut, an denen 35 teils feste, teils tragbare Prüfvorrichtungen angeschlossen werden können.

Im Bezirk II des Verschiebebahnhofs befindet sich ferner als Hilfsmittel bei den Bremsuntersuchungen und Bremsproben der Güterzüge eine Bremsmeldeanlage.

11. Aufzüge.

Von den 23 Aufzügen des Personenbahnhofs sind 21 als Stützkettenaufzüge (Stahl A.-G. Stuttgart) ausgeführt. Die übrigen sind ältere Einspindelaufzüge, die anderwärts freigeworden waren.

12. Verwaltung.

Die Verwaltung geschieht nach den in den Textabb. 15 und 16 bildlich dargestellten Geschäftsplänen. Die Gliederung des Betriebes ist so getroffen, daß die Angelegenheiten des Lokomotivdienstes, der elektrischen Stromversorgung und Lokomotivspeisewasserversorgung beim Betriebswerk und die Angelegenheiten des technischen Wagendienstes und der Pressluftversorgung beim Betriebswagenwerk zusammengefaßt sind.

13. Schlußbemerkungen.

Die Lokomotivschuppen sind während des Krieges, die übrigen Anlagen in den Jahren 1918 bis 1920, die Einrichtungen des Abstellbahnhofs später, nach dem Ruhrkampf ausgeführt worden. Außerdem ist der Lokomotivschuppen für Personenzuglokomotiven um 18 Stände erweitert und die Werkstätte leistungsfähiger ausgebaut worden.

Die Anlagen haben sich bewährt. Während des Ruhrkampfes und des englischen Kohlenarbeiterstreiks haben sie ganz außergewöhnlichen Beanspruchungen standgehalten.

Ölspritzverfahren zum Reinigen der Lokomotiven und Tender.

Von Reichsbahnamtmann **Lieske**, Bahnbetriebswerk Dresden-Friedrichstadt.

Auf dem Gebiet der Lokomotivbehandlung sind zwar schon manche Verbesserungen eingeführt worden, hinsichtlich der Reinigung der Lokomotiven ist jedoch noch kein Fortschritt zu verzeichnen, woraus sich auch der verhältnismäßig hohe Bedarf an Arbeitskräften hierfür erklärt. Im Bahnbetriebswerk Dresden—Friedrichstadt wurden 21 Mann für das Putzen der Lokomotiven verwendet, das waren etwa 25% aller für die Behandlung der Lokomotiven vorhandenen Arbeiter. Wenn man überdies in Betracht zieht, daß trotz des Gedinges von 9,8 Stunden für Vollputzung einer G 56.16 Lokomotive (in anderen Direktionsbezirken ist dieser Satz wesentlich höher), der Reinlichkeitszustand von Lokomotiven und Tender bisher nicht befriedigte, so liegt der Gedanke einer Verbesserung nahe. Die Frage, wie das zu erreichen sei, hat mich auf ein gänzlich neues Verfahren auf dem Gebiet des Maschinenputzens geführt, das ich das „Ölspritzverfahren" nenne und im folgenden beschreibe.

Bisher wurden allgemein die Lokomotiven in der Weise gereinigt, daß man sie entweder mit einem Pinsel mit Putzöl bespritzte und dieses mit Putzwolle auseinanderrieb oder aber, daß man die Putzwolle in das Öl eintauchte und mit dem geölten Bausch die einzelnen Teile reinigte.

Das von mir eingeführte Ölspritzverfahren beruht darauf, daß das in einem Behälter befindliche Putz- oder Mischöl mittels Preßluft durch eine Spritzdüse in Nebelform zerstäubt auf die Lokomotive aufgetragen wird. Die Benebelung ist so fein, daß die ganze Lokomotive in allen ihren Teilen von einem feinen Ölhauch überzogen wird.

Die Wirtschaftlichkeit beim Putzen der Lokomotive wird von drei Umständen beeinflußt: dem Ölverbrauch, dem Verbrauch an Putzwolle und dem Aufwand an Zeit.

Der Ölverbrauch war für das bisherige Verfahren bei der Reichsbahndirektion Dresden auf 0,8 kg für eine Vollputzung der G 56.16 Lokomotive festgesetzt. Erfahrungsgemäß war aber mit dieser Ölmenge bei der Vollputzung nur schwer auszukommen. Das Spritzverfahren bietet den Vorteil, daß mit der Menge von 0,75 kg die ganzen Lokomotiven und Tenderbleche mit allen einzelnen Teilen derart gründlich geölt werden können, daß danach die Fahrzeuge wie neu gestrichen erscheinen.

Der Verbrauch an Putzwolle, der bisher 1,6 kg für eine Vollputzung betrug, vermindert sich durch das neue Verfahren einmal infolge der gleichmäßigen und sparsamen Verteilung des Öles über alle Teile, ferner dadurch, daß man glatte Teile, wie Führerhaus, Langkessel und Tender nicht mehr mit Putzwolle abwischt, die den größten Teil des Öles

in sich behält, sondern mit einem eigens dazu hergestellten trockenen Wollfäden-Stielbesen abreibt. Dadurch werden 30 bis 40% Putzwolle erspart.

Wenn die vorgenannten Vorteile und Ersparnisse auch schon wesentlich sind und eine bessere Wirtschaftlichkeit gegenüber dem bisherigen Verfahren ergeben, so ist von noch größerer Bedeutung der geringere Zeitaufwand beim Maschinenputzen.

Das Betriebswerk Dresden-Friedrichstadt verrechnet im Gedinge für eine Vollputzung 9,8 Stunden für eine G 56.16 Lokomotive. In anderen Reichsbahndirektionsbezirken werden für die gleiche Gattung Gedingesätze von 11,0, 13,0, 20,0 bis 23,5 Stunden verrechnet.

Dagegen ist durch unsere Zeitaufnahmen festgestellt, daß mittels des Spritzverfahrens eine Vollputzung in 5,5 Stunden leicht und mit erheblich besserem Erfolg zu bewerkstelligen ist. Rechnet man für die Arbeiter einen durchschnittlichen Überverdienst von 30%, so ergibt das einen Gedingesatz von 7,15 Stunden und mit dem bisherigen Satz (9,8 Stunden) für Dresden-Friedrichstadt verglichen, einen Zeitgewinn von rund 27%. Wesentlich bedeutender (167%) wird der Zeitgewinn bei Vergleich mit dem festgestellten Höchstsatz von 23,5 Stunden. Diese Zahlen für den ganzen Bereich der Reichsbahn-Gesellschaft mit über 20000 Betriebslokomotiven gerechnet, würden einen beträchtlichen Gewinn ergeben.

Der eigentliche Spritzvorgang selbst dauert nur 6 bis 8 Minuten, weshalb der Preßluftverbrauch sehr gering ist. Da der ganze Apparat nur aus einem kleinen Luftbehälter, zwei Gummischläuchen und einer Spritzdüse besteht, sind auch die Anlagekosten unbedeutend.

Der von mir zur Anwendung gebrachte Spritzapparat „Öl-Nebel“ besteht aus je einem Mineral- und Putzölbehälter, die auf einem fahrbaren Untergestell befestigt sind (siehe Abb. 1 und 2). Die Preßluft wird beim Mineralölbehälter durch den Schlauch, den Absperr- und Regelhahn auf die Oberfläche der Ölmischung geführt. Gleichzeitig wird die Preßluft nach der Spritzdüse weitergeleitet. Die Druckluft preßt die Ölmischung durch ein bis auf den Behälterboden führendes Steigrohr nach der Düse. Die Spritzeinrichtung selbst (siehe Abb. 3) ist nur 0,5 m lang und wiegt 0,75 kg, so daß ihre Handhabung sehr bequem ist.

Zum Anspritzen von Dom, Sandbehälter und Esse wird die Spritzeinrichtung auf die Verlängerung aufgesetzt.

Beim Anstellen der Düse wird zunächst das Luftventil voll geöffnet, so daß die Luft mit vollem Druck durch die 1 mm-Öffnung der Düse austritt. Nunmehr öffnet man das Ölventil völlig. Der Luftdruck in der Düse hält zunächst das Öl zurück; durch allmähliche Verminderung der Luftzufuhr erhält das Öl Zutritt zur Düse, wo es dann fein zerstäubt wird. Die Anbringung eines Druckmanometers ist nicht erforderlich. Der Mineralölbehälter hat einen Inhalt von 30 l und reicht zum Bestäuben von 40 Lokomotiven und Tender.

Vor dem Anspritzen (Benebeln) mit Öl werden die Lokomotiven insbesondere vor der erstmaligen derartigen Behandlung sorgfältig von Staub gereinigt. Kessel, Rauchkammer, Führerhaus, Führerstand und Tenderbleche werden sodann mit folgender Mischung, die in einem besonderen Ofen zubereitet wird, angeblasen: Mineralöl = 7 Teile, Rindstalg = 2 Teile, Sikkativ = 1 Teil.

Diese fein aufgenebelte Mischung wird infolge des Sikkativzusatzes schon nach einigen Stunden fest, so daß Kohlen-, Asche- und Sandstaub nicht mehr haften, sondern während der Fahrt vom Luftzug beseitigt werden.

Nach dem Benebeln werden die kleinen Flächen mit reiner Putzwolle und die großen Flächen mit einem, an einem Holzstiel befestigten Wischer nachgewischt (Abb. 4), wodurch die Bleche einen Hochglanz erhalten, der zwei bis drei Wochen lang bestehen bleibt.

Nach den alten Verfahren werden die Kessel- und Tenderbleche bei einer Vollputzung nach vorheriger Reinigung mit Putzöl von den Putzern mit einer Mischung von Mineralöl und Rindstalg stark eingefettet, um Hochglanz zu erhalten. Dieses Verfahren ist nicht nur wegen des hohen Stoffverbrauches unwirtschaftlich, sondern es hat, da die stark aufgetragene klebrige Masse nicht fest wird, auch zur Folge, daß aller auffallender Staub an den Blechen haften bleibt. Die Lokomotive

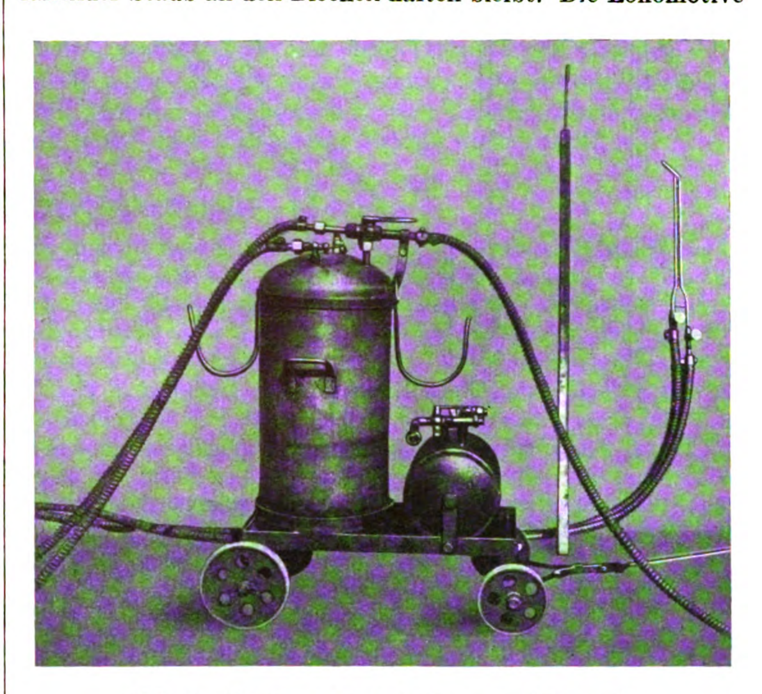


Abb. 1. Spritzapparat, fertig zum Gebrauch.

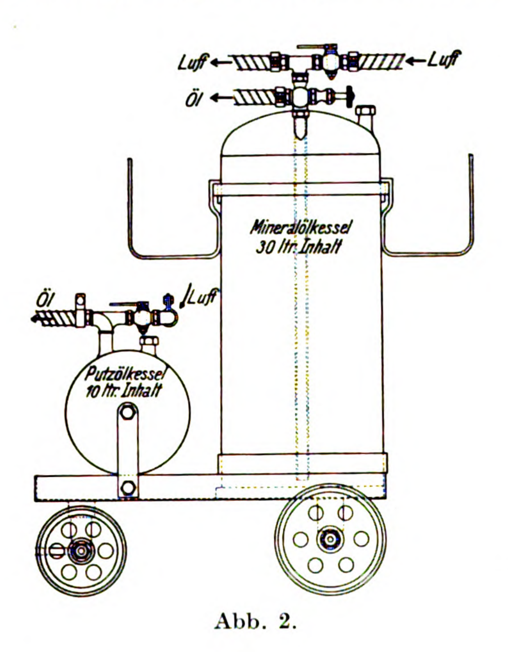


Abb. 2.

bekommt deshalb schon nach kurzer Zeit ein verstaubtes, graues Aussehen. Bei der nächsten Vollputzung müssen dann die Bleche mit Putzöl abgewaschen werden, was wiederum Zeitaufwand und Stoffkosten verursacht.

Die Achsen, Treib- und Kuppelstangen und alle unteren Lokomotiv- und Tenderteile werden nach dem neuen Verfahren mit „Putzölstaub“ angeblasen. Vor erstmaliger Behandlung empfiehlt sich gründliches Säubern des Untergestelles und Laufwerkes von Schmutz. Durch das Anblasen wird eine gründliche Reinigung erzielt, die man durch das frühere Verfahren mit Pinsel und Putzwolle nur mit vielen Arbeits-

kräften erreichen konnte. Zum Anblasen der eben genannten Maschinenteile dient der Putzölbehälter, dessen Inhalt von

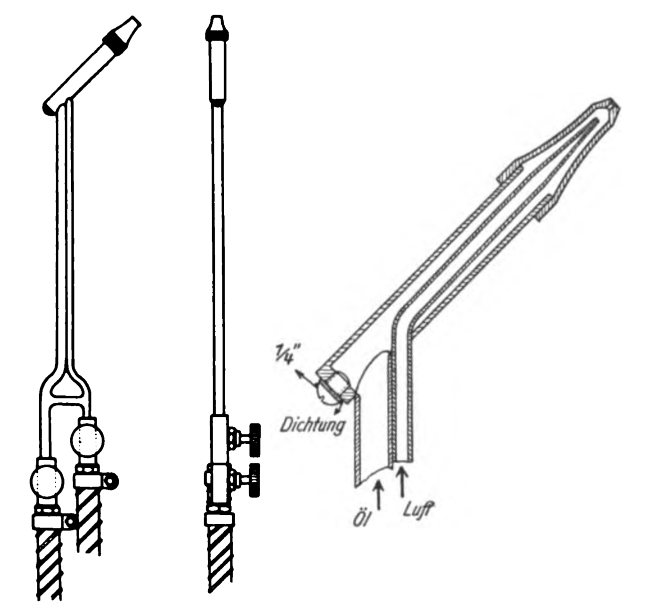
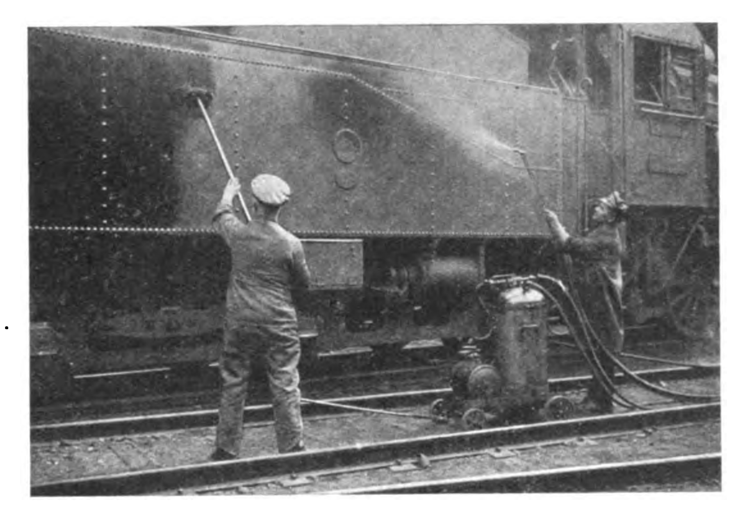
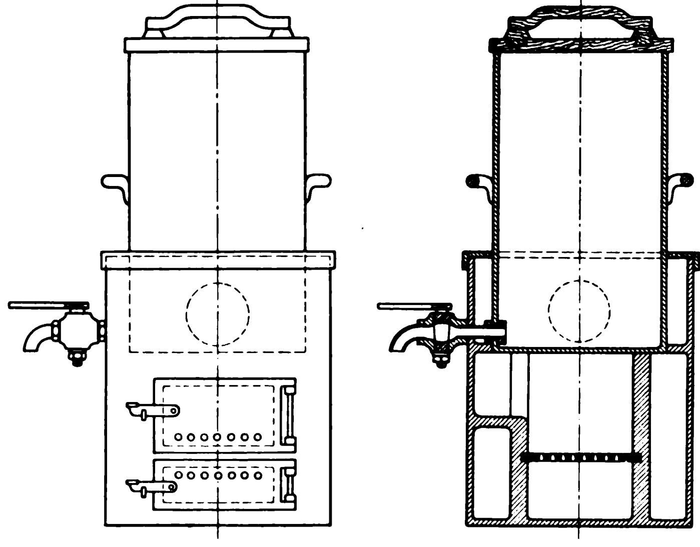


Abb. 3. Spritzeinrichtung mit Düse.


Abb. 4. Benebeln und Wischen der Tenderbleche.


Abb. 5. Ofen für die Zubereitung der Spritzmischung.

10 l Putzöl zum Bestäuben von zehn Lokomotiven und Tendern ausreicht. Die Wirkungsweise ist dieselbe wie beim Mineralölbehälter.

Der ganze Spritzvorgang dauert, wie bereits erwähnt, mit beiden Behältern 6 bis 8 Minuten, so daß auch hier der Luftverbrauch gering ist.

Auf vorstehender Abb. 5 ist der Ofen dargestellt, in dem die Spritzmischung zubereitet wird.

Nachdem das Mineralöl auf 60° C erwärmt worden ist, wird der Rindstalg dem Öle beigefügt. Durch Umrühren mit einem Holzlöffel verbindet sich der Rindstalg gleichmäßig mit dem Öl. Nach Erkalten der Flüssigkeit wird das Sikkativ beigefügt.

Das Anblasen einer Lokomotive 56.16 dauert 7,5 Minuten und erfordert 0,12.7,5=0,9 cbm Luft von 1 at bei 0° C, was 1,8 Pf. bei einem Preis von 2 Pf./cbm ausmacht.

Wegen des geringen Luftverbrauches ist es nicht erforderlich, daß der Apparat an die Leitung einer Luftverdichteranlage angeschlossen wird, die Luft kann vielmehr dem Luftbehälter einer im Lokomotivschuppen stehenden Lokomotive entnommen werden, so daß auch kleinere Bahnbetriebswerke und Lokomotivstationen ohne besondere Kosten die Einrichtung benutzen können.

Die Ölspritzeinrichtung „Öl-Nebel“ kann mit geringen Mitteln von jedem Bahnbetriebswerk selbst hergestellt werden. Als Ölbehälter benutzt man zweckmäßig alte Gas- oder Hilfsluftbehälter, die den Altstofflagern zu entnehmen sind. Im ganzen ergaben sich folgende

Ersparnisse.

1. Vollputzung.

Zur Vollputzung gehören: Langkessel, Esse, Dom, Sandbehälter, Rauchkammer, Führerhaus, Führerstand und Tenderbleche mit Putzwolle abwischen, desgl. ölen und mit Putzwolle nachwischen, Treib- und Kuppelstangen, Steuerungsteile, Lokomotiv- und Tenderachsen, sowie Lokomotiv- und Tendergestell mit Putzöl reinigen und nachwischen.

Ohne Spritzverfahren für eine G 56,16 Lokomotive = =8,9 Stunden
mit Spritzverfahren für eine G 56,16 Lokomotive = =7,1 Stunden
demnach weniger 1,8 Stunden
Ersparnis = 1,8.0,96 RM (Stundenlohn + Gedinge) = =1,728 RM
Minderverbrauch an Putzwolle = 1,0 kg zu 78 Pf. =0,78 =0,78 RM
Minderverbrauch an Putzöl = 1,5 kg zu 17 Pf. = 0,255 RM
zusammen 2,763 RM
Hiervon ab:
Kosten für Preßluft . . . . =0,018 RM
Ersparnis 2,745 RM

2. Halbe Putzung.

Zur halben Putzung gehören: Langkessel, Rauchkammer, Führerhaus, Führerstand, Tenderbleche, Treib- und Kuppelstangen und Steuerungsteile.

Ohne Spritzverfahren . . . . =4,8 Stunden
Langkessel und Tenderbleche müssen mit Putzöl und Putzwolle gereinigt werden.
Mit Spritzverfahren . . . . =3,5 Stunden
Langkessel und Tenderbleche werden nur mit trockener Putzwolle nachgewischt, der Glanz hält sich bis zum nächsten Auswaschen der Lokomotive
demnach weniger =1,3 Stunden
Ersparnis = 1,3 Stunden . 0,96 RM . . . . . = 1,25 RM
Minderverbrauch an Putzwolle = 0,75 kg zu 78 Pf. = 0,59 „
„ „ Putzöl = 0,5 kg zu 17 Pf. = 0,085 „
zusammen 1,925 RM

Da durch das Spritzverfahren gelegentlich des Auswaschens die Lokomotive gründlich geputzt und infolge Ver-

wendung der oben genannten Mischung der tiefschwarze Glanz auf längere Zeit erhalten bleibt, vermindert sich die Zahl der Zwischenputzungen, so daß hier fünf Putzer erspart werden konnten.

Die dem Betriebswerk Dresden-Friedrichstadt zugeteilten 80 Dienstlokomotiven, 8 Ersatzlokomotiven und 6 Sonderlokomotiven werden von 16 Putzern in auffallend sauberem Zustande erhalten.

Die Gesamtersparnisse betragen demnach im Monat für

Putzwolle und Putzöl . . . . = 185,42 ℛℳ

Löhne = 5 Putzer zu 225,00 ℛℳ . . . . . = 1125,00 ℛℳ

zusammen = 1310,12 ℛℳ

oder jährlich = 15720 ℛℳ.

Erfahrungsgemäß fetten die Putzer nur in seltenen Fällen und nur dann, wenn viel Arbeitskräfte vorhanden und die Gedingsätze besonders hoch sind, die Lokomotiven an schwer zugänglichen Stellen ein. Die Folgen dieser falschen Behandlungsweise sind recht schwerwiegend und verursachen den Reichsbahn-Ausbesserungswerken durch Neuanfertigung der verrosteten Verkleidungsbleche erhebliche Kosten. Bei dem Spritzverfahren dringt der Ölstaub in alle sonst schwer zugänglichen Ecken und Winkel ein und der feine Ölstaub genügt, um die Teile vor dem Verrosten zu schützen.

Das beschriebene Spritzverfahren wird bei dem Betriebswerk Dresden—Friedrichstadt und Dresden-Altstadt bereits seit einem Jahr mit bestem Erfolge angewendet.

Internationaler Eisenbahnverband.

Am 20./22. November 1928 fand in Paris die achte Sitzung des Geschäftsführenden Komitees des Internationalen Eisenbahnverbandes unter dem Vorsitz des Ehrengeneraldirektors und Verwalters der Paris-Orléansbahn und Vorsitzenden des Geschäftsführenden Komitees, Herrn Mange, statt, dem der Generalsekretär des I.E.V., Herr Leverve, und der Stellvertretende Chefingenieur der Direktion der P.L.M. Bahnen und Stellvertreter des Generalsekretärs, Herr Pourcel, zur Seite standen. Es waren vertreten: Deutschland, Belgien, Bulgarien, Spanien, Frankreich, Großbritannien, Holland, Ungarn, Italien, Japan, Lettland, Norwegen, Polen, Rumänien, Schweiz, Tschechoslowakei, Union der Sozialistischen Sowjetrepublik und Jugoslawien, außerdem der beratende Fachausschuß für die Verkehrswege und den Durchfuhrverkehr des Völkerbundes.

Es wurden die Rechnungslegung des Verbandes für die Zeit vom 1. September 1927 bis 31. August 1928 und die Aufstellung des Haushaltplanes für das Rechnungsjahr vom 1. September 1928 bis 31. August 1929 sowie der Entwurf des Berichtes des Geschäftsführenden Komitees an die Generalversammlung genehmigt.

Sodann nahm das Geschäftsführende Komitee Kenntnis von den Befolgungen seiner im Jahre 1927 getroffenen Entscheidungen durch die Mitgliedverwaltungen. In technischer Beziehung sind zu erwähnen:

1. Widerstandsfähigkeit der Wagenkupplungen der im internationalen Verkehr zugelassenen Fahrzeuge. — Verstärkung der Schraubenkupplungen.

Das Komitee nahm aus der vom Ausschuß vorgelegten Tafel Kenntnis vom Stande der Verstärkung der Wagenkupplungen der einzelnen Verwaltungen. Der Ausschuß wurde gebeten, diese Aufschlüsse weiterhin jedes Jahr zu veröffentlichen.

2. Heizung der Züge auf den elektrisch betriebenen Strecken. Anschrift an den Güterwagen, die mit der durchgehenden Leitung für die elektrische Heizung ausgerüstet sind.

Diese Vorschriften gelten nur für die Verwaltungen, die über die Ausrüstung der elektrischen Heizung in den Personenwagen des gegenseitigen unmittelbaren Verkehrs untereinander Vereinbarungen treffen werden.

Ihre Anwendung ist auf keine Schwierigkeit gestoßen, es ist daher gegen ihre Aufrechterhaltung nichts einzuwenden.

3. Vereinheitlichung der im § 25 der Technischen Einheit vorgesehenen Bezeichnungen.

Wiederaufnahme der Frage zur Klarstellung der Tragweite der Bestimmungen über die Anschriften an den Güterwagen.

Die Anschriften beziehen sich auf die Bezeichnung der durchgehenden Bremsorgane, mit denen die Güterwagen ausgerüstet sind. Je nachdem ein oder zwei wagrechte weiße Streifen an den Ecksäulen der Güterwagen angebracht sind, handelt es sich um Wagen, die nur die Leitung der durchgehenden Luftdruckbremse besitzen oder die vollständige Ausrüstung einer im internationalen Verkehr zugelassenen durchgehenden Luftdruckbremse. Die vorgesehenen Maße für die Anbringung dieser Streifen sind nach Möglichkeit einzuhalten. Es wird daher den Verwaltungen, die sie noch nicht angenommen haben, empfohlen, sie wenigstens für die Fahrzeuge zu beachten, die in Zukunft mit den Bremsorganen ausgerüstet werden.

4. Einführung und Betrieb der durchgehenden Güterzugbremse: Anschlüsse der Schlauchkupplungen für Güterzüge mit Druckluftbremse.

Diese Vorschriften sind für neue Wagen bindend, für vorhandene nur empfehlend.

5. Untersuchung verschiedener Fragen auf dem Gebiet der elektrischen Zugförderung.

Entsprechend den Anträgen des Ausschusses behalten die im Jahre 1927 angenommenen Schlußfolgerungen ihren verbindlichen Charakter, wobei die Vorschriften über die besonderen Signale für die elektrische Zugförderung (zerlegtes und geschlossenes U, wagrechte und senkrechte Balken) nur auf Gemeinschaftsbahnhöfen und -strecken gelten sollen, wo die Lokomotiven verschiedener Verwaltungen verkehren können.

Die Anträge des Ausschusses über die Vorsignale (zwei wagrechte Balken, die gegen die Mittelachse des Signals verschoben sind) werden vom Komitee ebenfalls genehmigt.

6. Untersuchung der Fragen von allgemeinem Interesse für die elektrische Beleuchtung der Personenwagen.

Die im Jahre 1927 erlassenen Anordnungen betrafen die Apparate für die Stromlieferung, die Kontrolle und die Beleuchtung, die Notbeleuchtung und die im Wageninnern anzubringenden Schaltpläne.

Um den vorgebrachten Einwendungen gerecht zu werden, wurde beschlossen:

Die Frist für das Anbringen der Schaltpläne wird vom 1. Januar 1929 auf den 1. Januar 1930 hinausgeschoben.

Die Verwendung des Vierkanthohlschlüssels nach Anlage B der Technischen Einheit, der für die Verriegelung der Sicherungskästen und Lampenglocken vorgeschrieben ist, soll für die Estnische Staatsbahnen nicht bindend sein.

Die bindenden Vorschriften für das vorhandene Material finden auf die Orientalischen Eisenbahnen in Anbetracht der geringen Bedeutung ihres Personenwagenaustausches keine Anwendung.

7. Einführung und Betrieb der durchgehenden Güterzugbremse. Plombierung der Bremshähne, die von den Bremshütten aus bedient werden.

Der bindende Charakter dieser Entscheidung wird aufrechterhalten.



8. Verbesserung der allgemeinen Wagenumgrenzungslinie.

Zufolge der Entscheidung des Geschäftsführenden Komitees von 1927 soll die allgemeine Umgrenzungslinie von 1931 ab um 5 Zentimeter verbreitert werden.

Nur eine Verwaltung, die Tschechoslowakischen Eisenbahnen, wünscht, daß die Strecken oder Teilstrecken, die für das Rollmaterial untersagt sind, das der neuen Umgrenzungslinie genügt, rechtzeitig allen Verbandsverwaltungen zur Kenntnis gebracht werden.

Dieses Streckenverzeichnis wird in der Verbandszeitschrift erscheinen, der 1927 genehmigte Wortlaut soll seine bindende Kraft beibehalten.

Aus den weiteren behandelten Fragen sei hervorgehoben:

9. Zulassung der Drolshammerbremse zum internationalen Verkehr.

Die mit der Drolshammerbremse vorgenommenen Prüfungen und die mit ihr angestellten Versuche haben ergeben, daß diese Bremse im internationalen Verkehr zugelassen werden kann.

Der Vorsitzende bemerkte, daß der Ausschuß in seiner Pariser Sitzung einen gleichlautenden Beschluß für die Bozic-Bremse gefaßt hat.

Das Komitee ist damit einverstanden, daß die Anträge des Ausschusses über diese beiden Bremsen genehmigt werden.

Es muß jedoch bemerkt werden, daß die endgültige Entscheidung Sache der „Technischen Einheit" ist.

10. Vereinheitlichung der Kennzeichen betreffend die Bremskraft der Güterwagen.

Die vom V. Ausschuß vorgeschlagenen Anschriften der Bremskraft, die an den mit Druckluft gebremsten Güterwagen anzubringen sind, werden vom Komitee genehmigt. Sie sind vom 1. Januar 1931 ab für diejenigen Güterwagen bindend, die gegenwärtig mit den Bremsorganen ausgerüstet sind.

11. Maßnahmen, die es ermöglichen, durch einen einfachen Blick auf die zur Betätigung des Notbremshahnes und im Bremshaus angebrachte Vorrichtung zu erkennen, ob dieser Hahn geöffnet oder geschlossen ist.

Das Komitee genehmigte die vorgeschlagene Empfehlung, daß am Griff des Notbremshahnes eine Verlängerung angebracht wird, die senkrecht stehen muß, wenn der Notbremshahn geschlossen ist.

12. Einführung zweiteiliger Bremsklötze mit feststehendem Halter und einer mit diesem verbundenen auswechselbaren Sohle.

Das Komitee genehmigte die Empfehlungen des Ausschusses über die Verwendung der zweiteiligen Bremsklötze der dem internationalen Verkehr dienenden Fahrzeuge.

13. Verstärkung der Kupplungen an den für den internationalen Verkehr bestimmten vorhandenen Wagen.

Das Komitee nahm Kenntnis von der zukünftigen Form der Rundfrage durch den Ausschuß.

14. Internationale Vereinheitlichung der bei unbewachten Planübergängen in angemessenem Abstand vom Übergang auf den Straßen anzubringenden Warnungssignale. Wiederaufnahme der Gesamtheit aller bisherigen Bestimmungen, zwecks Aufstellung eines gemeinsamen und vollständigen Textes.

Die Anträge des Ausschusses bezwecken die Anbringung eines Andreaskreuzes in unmittelbarer Nähe der unbewachten Bahnübergänge, die Verwendung von orangefarbenen Lichtern für die diesen Kreuzen beigefügten Lichtsignale und den Anstrich der Signalarme in der gleichen Farbe, die für die Schranken in den einzelnen Ländern Verwendung findet.

Das Komitee genehmigte die vom Ausschuß vorgeschlagenen bindenden und empfehlenden Vorschriften.

15. Untersuchung der Fragen von allgemeinem Interesse über elektrisch betriebene Strecken, bei denen die Stromleiter aus einer dritten Schiene bestehen.

Das Komitee genehmigte auf Antrag des Ausschusses verschiedene bindende und empfehlende Vorschriften, die auf Gemeinschaftsstrecken und -bahnhöfen Anwendung finden, auf denen Lokomotiven von verschiedenen Verwaltungen verkehren können.

Außerdem soll der Ausschuß untersuchen, von welchem Tag an die angenommenen Vorschriften in Kraft treten können.

16. Heizung der Züge auf den elektrisch betriebenen Strecken.

Das Komitee genehmigte die Verwendung des Berner Schlüssels für die elektrischen Heizeinrichtungen.

17. Untersuchung der Fragen von allgemeinem Interesse für die elektrische Beleuchtung der Personenwagen.

Wiederaufnahme der Frage:

a) zur eventuellen Prüfung der Bedingungen für die Verwendung des Berner Schlüssels, der in den in Stockholm aufgestellten Vorschriften der U I C vorgesehen ist,

b) für die Untersuchung des Schutzes der brennbaren Teile gegen die Flamme der Notbeleuchtungseinrichtungen.

Das Komitee beschloß:

a) Die Verwendung des Vierkant-Hohlschlüssels nach Anlage B der Technischen Einheit für die Bedienung der Schalter der elektrischen Beleuchtung beizubehalten,

b) den Punkt 6 (Notbeleuchtung) der Vorschriften über die elektrische Beleuchtung der Personenwagen durch folgenden Absatz zu ergänzen:

„Zwischen dem oberen Befestigungskopf und irgendeinem brennbaren Teil muß stets ein senkrechter Abstand von mindestens 400 mm bestehen.

Falls dieser Zwischenraum nicht eingehalten werden kann, sind die brennbaren Teile durch einen Schutzschirm oder andere Vorkehrungen gegen Entzündung zu schützen."

Das Geschäftsführende Komitee nahm sodann auch Kenntnis von den 18. Arbeiten des Sonderausschusses für die selbsttätige Kupplung.

Bei diesem Anlaß wurde beschlossen, daß die Unfallstatistiken der Verwaltungen, die die selbsttätige Kupplung noch nicht eingeführt haben, nicht nur mit denen der Vereinigten Staaten von Amerika, sondern auch mit denen der Japanischen Staatsbahnen, die kürzlich die selbsttätige Kupplung eingeführt haben, verglichen werden sollen.

Außer diesen technischen Angelegenheiten wurden eine Reihe nichttechnischer und Verwaltungsfragen behandelt, von deren Wiedergabe hier jedoch abgesehen werden soll. C.

Berichte.

Werkstätten; Stoffwesen.

Baldwin-Lokomotivwerke.

Über einen Besuch der Baldwin-Lokomotivwerke erhalten wir von einem Mitarbeiter nachfolgenden Bericht. Die Baldwin-Lokomotivwerke sind in den letzten Jahren von Philadelphia nach Eddystone bei Philadelphia am Delaware Fluß verlegt worden. Beim Neubau wurden alle Erfahrungen über Anlage neuzeitlicher Lokomotivwerkstätten verwertet. Die Kesselschmiede, der Tenderbau, die Untergestellfabrik, die Hammer- und Maschinenschmiede mit Werkstätten für Räder, Achsen, Achslagergehäusen, die Eisengießerei mit der Modellschreinerei



und dem Modellager, die Messinggießerei und Messingbearbeitungswerkstatt, die Werkstatt für Maschinenteile wie Zylinder, Steuerung, Kuppelstangen, Kreuzköpfe usw. sind in je einer großen Halle untergebracht und bilden in sich geschlossene Werke, die in einem Lager ihren Sammelpunkt haben, von dem die Aufbauhallen ihre Teile beziehen. Die Werke gehören zu den fünf großen Lokomotivwerken Nordamerikas, von denen drei, die Baldwin-Lokomotivwerke, die „American Locomotiv-Comp." und die „Lima Locomotiv Corporation" in den Vereinigten Staaten und zwei in Canada in Montreal und Kingston liegen. In den Vereinigten Staaten und in Canada sind im Schnellzug- und Güterzugverkehr über lange Strecken 60800 Lokomotiven im Dienst, so daß bei einer Lebensdauer von 20 Jahren für eine Lokomotive im Jahr etwa 3000 Lokomotiven herzustellen wären. Doch entspricht die Auftragerteilung nicht diesem Durchschnittsbedarf, sie erfolgt im Gegenteil sehr unregelmäßig, so daß es Zeiten gibt, in denen die fünf Werke ohne Arbeit sind. Dies war auch am Besuchstag anfangs Dezember v. Js. in den Baldwin-Werken der Fall, wo nur eine Lokomotive im Bau war, während für eine zweite die Teile in Bearbeitung waren. Dies mutet ganz eigenartig an, wenn man bedenkt, daß einzelne Hallen wie die Untergestellhalle eine Länge von 533 m hat, und eine Besichtigung dieser mächtigen Hallen in angemessener Zeit nur mittels Auto möglich ist. Es wurde aber darauf hingewiesen, daß in Kürze ein Auftrag auf 75 große Lokomotiven zu erwarten sei.

In der Kesselschmiede können 20 Kessel gleichzeitig aufgelegt werden. Hydraulische Pressen für 750, 900 und 1400 t Druck sind zur Herstellung der Dampfdome, zum Biegen der Kesselschußbleche, der Stahlkesselvorderwand usw. vorhanden. Die 75 cm hohen Dampfdome werden mit der Flansche aus einer Platte gezogen. Zum Nieten der Kessel mit vier Schüssen hängen besondere hydraulische Nietmaschinen an Kränen auf hohen Eisengerüsten. Als Feuerbuchsen werden nur noch eiserne mit eisernen Stehbolzen gebaut. Verwendung findet ein Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt und besonders niedrigem Schwefel- und Phosphorgehalt. Der Schwefelgehalt ist nur 0,002%. Die Seitenbleche sind $^3/_8$" = rund 10 mm stark, nur die Rohrwand hat eine Blechstärke von ½" = 12,5 mm. Die Stirnwand des Schuppens ist im Grundriß treppenförmig angelegt, so daß jedes Kranfeld im Schuppen mit besonderem Zufahrgleis bedient werden kann. Schiebebühnen sind im ganzen Werk nicht vorhanden.

Die Dampfzylinder und Zylinder für die Kolbenschiebersteuerung erhalten stets besondere Laufbuchsen aus hartem weißen Eisen (Hartguß). Das Gußeisen enthält 30% Stahlzusatz. Die Buchsen werden in Sand gegossen. Die Wandstärke der Buchsen ist ½" bis $^5/_8$", bei größeren Durchmessern $^3/_4$". Der Außendurchmesser der Buchse wird mit geringer Maßzugabe gearbeitet. Die Buchsen werden mit 40 t bis 60 t Druck je nach dem Zylinderdurchmesser hydraulisch in den kalten Zylinder eingepreßt. Der Hauptgrund für die Anwendung von Laufbuchsen ist das Bestreben, von Gußspannungen im Zylinder frei zu sein. Die Zylinder werden zuerst ausgebohrt und gehen dann auf die Hobelmaschine. Sodann werden die Flanschlöcher gebohrt und wird die Prüfung vorgenommen.

Die Rahmen werden aus Stahlguß hergestellt, der neuerdings geglüht wird. Die Stahlgußstücke für Rahmen, Achslagergehäuse, Zylinder usw. werden in einer besonderen Stahlgießerei der Firma in Chester hergestellt, Räder und Achsen in den Stahlwerken zu Burnham. Die Rahmen kommen auf Wagen von der Gießerei auf den flachen Seiten behobelt in die Untergestellfabrik nach Eddystone. Hier werden sie auf besonderen Hobelmaschinen zu sechs übereinander in der Form und in den Gleitbahnen behobelt.

Die Halle, in welcher die Fertigung der Kreuzköpfe, Pleuel-, Kuppelstangen, Steuerungsteile usw. stattfindet, ist mit Hebezeugen sehr praktisch eingerichtet. Zwischen den Bearbeitungsmaschinen stehen Drehkrane, um die Werkstücke von der einen zur anderen zu geben. Müssen im Fortgang der Arbeiten Maschinen übergangen werden, so erfolgt die Weitergabe durch Laufkrane. Die Bahnen dieser reichen in das Feld eines zu ihnen querliegenden Materialzubringekrans. Letzterer entnimmt die auf Eisenbahnwagen oder Lastkraftwagen ankommenden Teile und schafft sie zu dem in Frage kommenden Feldlaufkran, der es, unter den Materialkran fahrend, mit seinem Haken aufnimmt. Die weitere Beförderung erfolgt durch Elektrokarren; damit diese in beladenem Zustand leicht laufen ist der Hallenboden mit Zementstrich versehen und mit schwacher Neigung angelegt.

Beim Aufbau der Lokomotiven wird mit dem Auflegen der Rahmen begonnen und jedes Querstück eingepaßt. Dann werden die Zylinder angepaßt und der Rahmen hoch gehoben, das ganze Gestell auf Räder gesetzt. Hierauf folgt der Anbau aller weiteren Teile. Jeder Arbeiter hat seine bestimmte Arbeit an der Lokomotive, diese wird bei ihm vorbeigeführt. Wenn alles vorbereitet ist, dauert der Zusammenbau einer 400 t-Lokomotive 14 Tage. Einschließlich aller Teile kann sie in zwei Monaten fertiggestellt werden. Jeder Teil wird vor dem Anbau geprüft. Was fehlerhaft ist, muß der Arbeiter auf seine Kosten ändern, da im Gedinge gearbeitet wird. Eine besondere Abteilung sorgt für ordnungsmäßigen Zustand der Arbeitsmaschinen und der Werkzeuge, so daß jeder Arbeiter in der Lage ist, gute Arbeit zu liefern. Für die Prüfung der Arbeit besteht eine besondere Organisation. Auf keinen Fall darf der Zusammenbau durch fehlerhafte Arbeit gestört werden. Nahezu fertig war eine Güterzuglokomotive in der Achsfolge 1 D 2 von 320 t Gewicht für die Erie Bahn.

Przygode.

Amerikanische Bahnbetriebswerke.

Im Anschluß an unsere Berichte über neuzeitliche amerikanische Betriebswerke bringen wir nachstehend die Beschreibung einer weiteren Anlage, die die Cleveland, Cincinnati, Chicago und St. Louis-Eisenbahn gelegentlich des Umbaues ihres Verschiebebahnhofs in Cincinnati ausgeführt hat. Das Maschinenhaus ist als Rundhaus gebaut und besitzt 29 Stände. Durch Ausbau zum Vollkreis können 16 weitere Stände geschaffen werden. Die Stände sind 37,5 m lang, die Stände 1 bis 5 sind zur Herstellung einer Verbindung mit der anstoßenden Werkstätte und

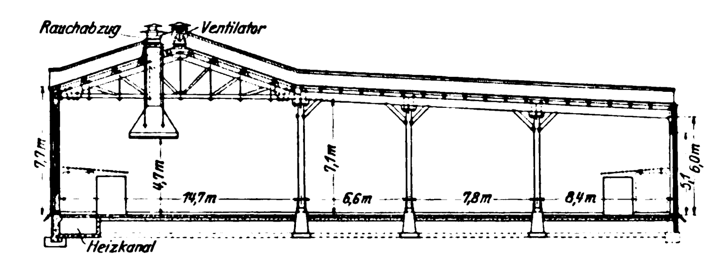


Abb. 1. Schnitt durch das Rundhaus.

dem Stofflager verlängert. Fünf Gleise verbinden die Drehscheibe mit den der Lokomotivbehandlung dienenden Hofgleisen. Das nördlichste dieser fünf Gleise führt zu einer Gruppe von drei Gleisen, die zur Hinterstellung von Lokomotiven bestimmt sind. Von den anderen vier Gleisen sind die zwei mittleren Gleise Zufahrtgleise, die beiden äußeren Ausfahrtgleise. Die beiden Zufahrtgleise führen über die Wassernahms- und Bekohlungsanlage zu zwei Entaschungsgruben und einem betonierten Waschplatz. Zur Entaschungsanlage führt noch ein besonderes als Stutzen endigendes Gleis für Zu- und Abfuhr der Schlackenladewagen. Die Drehscheibe hat einen Durchmesser von 33 m. Das Dach des Rundhauses ist gegen den inneren Ring als Flachdach ausgebildet und geht gegen den äußeren Ring in ein Giebeldach über (siehe Abb.). Alle eisernen Bauteile im Innern des Hauses sind zum Schutze gegen den Rost verzinkt. Die Rauchabzüge und Ventilatoren sind aus Gußeisen. Der Boden des Hauses ist mit einer 15 cm starken Betonschicht gedeckt.

Das Gebäude wird mit Warmluft beheizt, die vom Lufterhitzerraum im Krafthaus aus in Betonkanälen, die unter Flur verlegt und mit Glasziegeln ausgekleidet sind, verteilt wird. Jeder Warmluftauslaß ist für verschiedene Außentemperaturen einstellbar. Zur Beleuchtung hängen je sechs 200 Watt-Lampen zwischen den Ständen. Die Arbeitsgruben sind 28,5 m lang. Zwei Achssenken bedienen vier nebeneinanderliegende Gleise.

Wie fast alle neueren amerikanischen Betriebswerkstätten ist auch dieses neue Werk mit einer Lokomotivfüllanlage ausgestattet, hauptsächlich um den Schwierigkeiten der Rauchabsaugung und der Rauchbelästigung zu entgehen. Im Krafthaus

sind fünf Kessel für die Dampferzeugung, außerdem die Kalt- und Warmwasserpumpen, die Luftverdichter, die Lufterhitzer für die Raumheizung und die Behälter für Lokomotivauswaschanlage untergebracht. Die Kessel haben selbsttätige Kohlenzuführung und Aschenabführung. Der Abdampf der Antriebsturbinen für die Pumpen und Luftverdichter dient zur Wasservorwärmung. Vom Krafthaus führt eine Hochdruckdampfleitung von 200 mm Durchmesser in das Rundhaus, wo sie sich in zwei Leitungen von je 150 mm Durchmesser teilt. Neben dieser Leitung werden vom Krafthause her noch die Leitungen für das Lokomotivauswaschen (für Dampfablassen, Spritzwasser und Füllwasser) in das Rundhaus geführt. Die Spritzwasserleitung hat an jedem zweiten Stand einen Anschluß, während die Füllwasserleitung in Injektorverbindung mit der Hochdruckdampfleitung an jedem Stand einen Anschluß hat, der in ein biegsames Rohr für den Lokomotivkesselanschluß übergeht. Mit dieser Einrichtung können Lokomotiven unter Druck gehalten oder auf Druck gebracht werden, ohne daß sich Feuer auf dem Rost befindet. Die Lokomotiven verlassen gewöhnlich mit 5 atm Kesseldruck das Haus. Am Anfeuerhäuschen, in dem die Anschlüsse für Öl und Preßluft untergebracht sind, wird mit einer Art Flammenwerfer der Brennstoff auf dem Rost entzündet. In 5 bis 7 Minuten ist das Kohlenbett auf dem Rost vollständig in Glut.

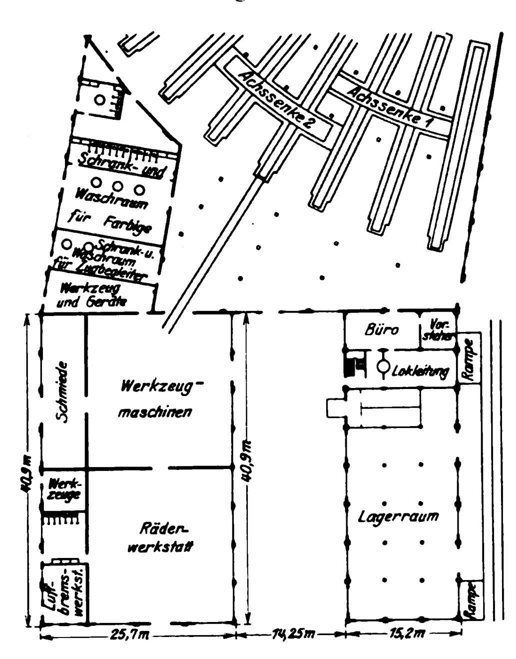


Abb. 2. Grundriß der Werkstätte und des Stofflagers.

Zu unmittelbarer Verbindung mit dem Rundhaus stehen die eingeschossige Werkstätte und das zweigeschossige Stofflager, beide in Eisenbeton errichtet. Im Gebäude des Stofflagers sind auch die Verwaltungsräume, die Wasch- und Schrankräume, Aufenthaltsräume usw. untergebracht. Die Bekohlungsanlage ist in Eisenbeton als Hochbekohlung mit einem Bunker von 500 t Fassungsvermögen ausgebildet. Es sind zwei Becherförderer vorgesehen, die etwa 70 t stündlich hochfördern können. Der Bunker ist vierteilig und gestattet die getrennte Lagerung und Abgabe verschiedener Kohlensorten. Das Lokomotivspeisewasser wird in einer Wasserreinigungsanlage von 180 m³ Stundenleistung enthärtet. Eb.

(Railw. Age, Okt. 1928.)

Behandlung der Radsätze.

Die Erkenntnis des Einflusses von Bearbeitungsfehlern an Radsätzen auf die Abnützung des Laufwerkes der Fahrzeuge veranlaßten das Reichsbahn-Zentralamt ein **Merkblatt über die Behandlung der Radsätze in den Werkstätten** aufzustellen, dem wir folgendes entnehmen:

Zunächst werden die Vorschriften über die Untersuchung der Radsätze auf Abnutzung und Anbrüche behandelt. Hervorzuheben ist, daß Schweißarbeiten an Achswellen grundsätzlich verboten sind. Gebrochene Speichen müssen vor der Bereifung elektrisch geschweißt werden. Die Radreifen müssen nach dem Abdrehen bei Lokomotivradsätzen mindestens 32 mm, bei Wagenradsätzen mindestens 30 mm stark sein. Beim autogenen Aufschneiden alter Radreifen ist darauf zu achten, daß der Radkörper nicht beschädigt wird. Mit Mikrometerschraublehre, Mikrotaster mit Fühlhebel oder Meßuhr ist zu prüfen, ob die Achsschenkel und die Treib- und Kuppelzapfen kreisrund und zylindrisch sind. Unterschiede von mehr als 0,2 mm bei den Achsschenkeln von mehr als 0,1 mm bei den Zapfen sind zu beseitigen. Stahlzapfen sollen mindestens 45 Skleroskopeinheiten hart sein. Die Abweichungen der Kurbelwinkel und der Kurbellängen der Lokomotivradsätze sind vor der Bearbeitung auf einem Radsatzmeßstand festzustellen. Beim Rundlauf von Radkörpern ist höchstens 1 mm Schlag zulässig.

Die Radreifen sind mit einem Schrumpfmaß von 1,0 bis 1,3 mm je Meter lichten Durchmessers unter gleichmäßiger Erwärmung auf 200 bis 280° aufzuziehen. Dabei sind Dehnungsmesser zu benützen, die rasch erkennen lassen, wann der zum Einlassen des Radkörpers erforderliche Durchmesser erreicht ist.

Der Gewichtsunterschied der beiden zu einem Radsatz verwendeten Radkörper darf 2 kg keinesfalls übersteigen. Achswellen und Zapfen sollen Preßsitz mit einem Übermaß von 0,16% des Nabensitzdurchmessers erhalten. Die Einpreßenden und Nabensitze müssen geschlichtet sein. Beim Einpressen von Achswellen und Zapfen muß bei Lokomotiv- und Tenderradsätzen ein Enddruck zwischen 400 und 700 kg, bei Wagenradsätzen ein solcher von 400 bis 600 kg für jeden Millimeter Nabensitzdurchmesser erreicht werden. Die Presse muß mit einem gegen äußere Eingriffe gesicherten schreibenden Druckmesser ausgerüstet sein.

Die Radreifen der Treib- und Kuppelradsätze für ein- und dieselbe Lokomotive müssen möglichst gleich hart sein. Sie müssen nach dem Fertigdrehen geschlichtet sein, weil sie sich sonst schon nach den ersten Fahrten ungleichmäßig abnutzen und auch weil es nicht möglich ist, den Durchmesser eines Reifens mit groben Drehriefen genügend genau festzustellen. Die Laufkreise der Räder eines Wagen- und Tenderradsatzes dürfen unter Einrechnung der von der Kreisform abweichenden Stellen höchstens 1 mm unrund sein und nicht mehr als 1 mm seitlich schlagen, diejenigen der Räder aller gekuppelten Radsätze einer Lokomotive dürfen sich nur um 0,3 mm je 1000 mm im Durchmesser unterscheiden. Auch die Radsätze eines Drehgestelles sollen möglichst im Durchmesser gleich sein. Beim Rundlaufen darf ein Lokomotivrad höchstens um 0,3 mm je 1000 mm unrund sein und 0,5 mm seitlich schlagen.

Riefige Achsschenkel und Zapfen dürfen auf keinen Fall mit der Feile bearbeitet werden, sondern sie müssen nachgedreht und dann geschlichtet oder geschliffen und auf Hochglanz poliert werden. Durch die Hochglanzpolitur wird das Einlaufen der Lagerstellen erleichtert und eine der Hauptursachen für das Warmlaufen beseitigt.

Zum Schlusse gibt das Merkblatt noch eine Anweisung zur Reinigung und Instandsetzung der Achslagerschmiervorrichtungen sowie für das Aufpassen der Lagerschalen auf den Schenkeln und Zapfen. Bttgr.

Lokomotiven und Wagen.

Prüfstandversuche mit einer amerikanischen Caprotti-Lokomotive.

Im August und September 1927 hat die **Baltimore und Ohio Bahn** auf dem **Lokomotivprüfstand in Altoona** Vergleichsversuche zwischen zwei 1 D - h 2 Lokomotiven vorgenommen, von denen die eine Caprotti-Steuerung mit Ventilen von 160 mm Durchmesser, die andere Heusinger-Steuerung mit Kolbenschiebern von 305 mm Durchmesser besaß. Im übrigen waren beide Lokomotiven gleich (Kesselüberdruck 15 at, Zylinderabmessungen 610 × 762 mm, Treibraddurchmesser 1575 mm).

Jede Lokomotive wurde 24 Versuchen von einstündiger Dauer unterzogen, wobei alle 10 Minuten Messungen vorgenommen wurden. Die Lokomotivgeschwindigkeit wechselte von 11,8 bis 70 km/h, die Füllungen von 10% bis zur Höchstfüllung. Mit der Caprotti-Lokomotive konnte im Gegensatz zur Vergleichslokomotive auch noch mit 5 und 7% Füllung gefahren werden.



Die Versuche zeigten eine gewisse Überlegenheit der Lokomotive mit Caprotti-Steuerung, vor allem bei höheren Geschwindigkeiten, weil hier der mechanische Wirkungsgrad um 10 bis 14% höher war als bei der Lokomotive mit Heusinger-Steuerung. Im einzelnen ergaben sich folgende Werte zugunsten der Caprotti-Lokomotive:

Verbesserung der Dampferzeugung		3,27%
Verringerung des Dampfverbrauchs bezogen auf die PSih	im Mittel	5,00%
	bei V = 58,5 km/h und 10% Füllung	12,30%
Verringerung des Dampfverbrauchs bezogen auf die Leistung am Zughaken	im Mittel	7,60%
	bei V = 58,5 km/h und 10% Füllung	23,20%
Verringerung des Kohlenverbrauchs bezogen auf die PSih	im Mittel	8,48%
	bei V = 58,5 km/h und 10% Füllung	27,30%
Verringerung des Kohlenverbrauchs bezogen auf die Leistung am Zughaken	im Mittel	11,48%
	bei V = 58,5 km/h und 10% Füllung	35,80%

Der mittlere Kohlenverbrauch betrug bei der Caprotti-Lokomotive 0,95 kg/PSih, der Wasserverbrauch 7,2 kg/PSih; der geringste Verbrauch, der sich bei V = 70 km/h und 10% Füllung ergab, betrug entsprechend 0,68 bzw. 6,12 kg. Die Leistung beider Lokomotiven war bei den kleineren Geschwindigkeiten ziemlich gleich; von V = 35,5 km/h an war sie bei der Caprotti-Lokomotive im Durchschnitt um 6,5% höher. Die größte Mehrleistung von 12,25% ergab sich bei V = 58,5 km/h. Auch die mittleren Kolbendrücke waren bei der Lokomotive mit Caprotti-Steuerung höher; bei 25% Füllung betrug diese Erhöhung 8,5 bis 19,7%, steigend mit der Geschwindigkeit von 23,4 bis 70 km/h.

(Rev. Gén. Ch. d. F., Dez. 1928.) R. D.

Speisewasservorwärmer.

Die Great Southern Eisenbahngesellschaft in Irland hat probeweise an einer Schnellzuglokomotive der Bauart 2 C einen neuartigen Speisewasservorwärmer angebracht. Es werden Abdampf und Abgase zur Speisewasservorwärmung verwendet. Das Wasser wird von einer Pumpe, der Kaltwasserpumpe, aus dem Tender angesaugt und in den Abdampfvorwärmer gedrückt, der im Fahrgestell zwischen den beiden Rahmenwangen angebracht ist. Der Abdampf der Zylinder, der Luft- und Wasserpumpen wird in regelbarer Menge diesem Vorwärmer zugeführt. Der Vorwärmer ist als Röhrenvorwärmer ausgebildet und besitzt eine Dampfverteilkammer und eine Kondenswassersammelkammer, die über ein U-Rohr in Verbindung mit der Rauchkammer steht, so daß der Rauchkammerunterdruck die Dampfzufuhr und die Kondenswasserableitung beschleunigen hilft. Vom Abdampfvorwärmer wird das Speisewasser in die beiden Abgasvorwärmer gedrückt, die vorne beiderseits der Rauchkammer liegen. Es sind viereckige Kästen mit wagrecht liegenden Rauchrohren. Das Wasser tritt am vorderen Ende der Kästen ein und strömt in Gegenrichtung zu den Rauchgasen hindurch. In die Rauchkammer sind vom Führerstand aus zu bedienende Klappen eingebaut, die eine Regelung der Rauchgaszuführung in die Abgasvorwärmer gestatten. Ebenso kann durch Klappen die Rauchgasführung in den die Überhitzerelemente tragenden Rauchröhren geregelt werden. Wenn das Speisewasser die Rauchgasvorwärmer durchströmt hat, wird es der Hochdruckpumpe zugeführt, die es in den Kessel drückt. Eine kleine Menge des vorgewärmten Wassers wird in einen Hilfsbehälter gedrückt, der auf dem Kessel neben dem Dampfdom sitzt. Dieser Behälter sorgt dafür, daß die Vorwärmer mit Wasser gefüllt bleiben und sammelt die beim Erhitzen des Wassers freiwerdenden Gase. Eine Rohrleitung führt von dem Hilfsbehälter zurück zum Warmwasserabteil des Tenders.

Die Trennwand zwischen Kalt- und Warmwasserabteil des Tenders besitzt im unteren Teil die Durchlaßöffnungen für das kalte Wasser. Im Warmwasserabteil beginnt die Saugleitung der Kaltwasserpumpe. Die Kaltwasserpumpe kann unabhängig von der Kesselspeisepumpe arbeiten. Der Gang der letzteren, also die Kesselspeisung, kann nach den Betriebserfordernissen geregelt werden. Ein selbsttätiges Ventil setzt die etwa ruhende Kaltwasserpumpe in Gang, wenn die Hochdruckpumpe zu arbeiten beginnt und regelt ihre Förderung nach der Förderung der Hochdruckpumpe in der Weise, daß sie stets eine kleine Menge Wasser mehr liefert, als die Hochdruckpumpe braucht.

Die Einrichtung hat sich nach der Quelle gut bewährt, besonders weil sie sich der Lokomotivleistung leicht anzupassen vermag. Eb.

(Railw. Eng., Dezember 1928.)

Löffler-Lokomotive und Löffler-Hochdruck-Dampfmaschinenanlage.

Wie schon früher im Organ berichtet wurde*), hat die Deutsche Reichsbahn eine Hochdruck-Kolbenlokomotive bei der Firma Schwartzkopff in Auftrag gegeben, die nach dem Verfahren von Löffler mit einem Betriebsdruck von 100 at arbeiten soll. In dem erwähnten Bericht ist das Löffler-Verfahren in seinen Grundzügen beschrieben.

In diesem Zusammenhang mag es bemerkenswert sein, daß eine von der Wiener Lokomotivfabrik A.-G. in Floridsdorf gebaute 2000 kW Löffler-Hochdruckanlage nunmehr seit über einem Jahr im Betrieb steht und in dieser Zeit weit über 2500 Stunden gearbeitet hat. Die Anlage besteht im Hochdruckteil aus zwei stehenden Kolbenmaschinen, die mit einem Druck von 120 at und einer Dampftemperatur von 480° C arbeiten und je 400 kW leisten. Der Abdampf der Hochdruckmaschinen wird in einer Niederdruckanlage von 1200 kW Leistung weiterverwertet, die mit 12 at Dampfdruck und 200 bis 230° C Dampftemperatur arbeitet.

Die Hochdruckmaschinen besitzen je einen doppeltwirkenden Zylinder von 170 mm Durchmesser und 450 mm Hub und laufen mit 300 Umdr./min. und einem mittleren Kolbendruck von 40 at. Zur Dampfverteilung dienen an den Zylinderenden sitzende Ventile, die von der Kurbelwelle aus über eine senkrechte und eine wagrechte Welle mittels Exzentern bewegt werden. Für die Zylinder, Kreuzköpfe und Kurbelwellenlager ist Preßölschmierung vorgesehen; die Stopfbüchsen haben Metallpackungen. Zum Abführen der ausstrahlenden Wärme und etwaiger Ölnebel sind die Zylinder oben mit Blechhauben verkleidet, die in Abzugsrohre münden.

Der Löffler-Kessel besteht aus zwei Trommeln von 800 mm Durchmesser und rund 7 m Länge. Er vermag stündlich 7500 kg Hochdruckdampf zu erzeugen. Die Rostfläche beträgt 7,5 m²; die Verbrennungsluft wird in einem Vorwärmer von 200 m² Heizfläche auf 150 bis 200° C vorgewärmt. Der Speisewasservorwärmer hat dieselbe Heizfläche, der Überhitzer eine solche von 165 m².

Diese Hochdruckanlage soll einen Gesamtwirkungsgrad von 30% haben und würde damit der Dieselmaschine gleichkommen, allerdings mit dem bemerkenswerten Unterschied, daß die bei der Löffler-Anlage verbrannten Kohlen wesentlich billiger sind als das Treiböl der Dieselmaschine. Die Anlagekosten sollen nicht erheblich größer sein als die einer gleich leistungsfähigen Dampfkraftanlage mit nur 28 bis 50 at Betriebsdruck. R. D.

Triebwagen-Luxuszug.

Die Chicago Great Western Bahn hat einen aus einem benzolelektrischen Triebwagen und zwei Anhängern bestehenden Zug nach dem Vorbild der amerikanischen Pullman-Züge umgebaut.

Jeder der drei Wagen ist rund 20 m lang. Der Triebwagen wiegt 54 t, die Anhänger 30 bzw. 32 t. Der Triebwagen enthält in seinem vorderen Teil die Maschinenanlage, bestehend aus einem 6-Zylinder Benzolmotor, der bei 900 Umdr./min. 300 PS leistet und unmittelbar mit dem Stromerzeuger gekuppelt ist. Die beiden Antriebsmotoren sitzen im vorderen Drehgestell. Außer dem Maschinenraum enthält der Triebwagen noch je ein Abteil für Post und Gepäck.

Der erste Anhänger enthält 74 Sitzplätze in einem Raucher- und einem Nichtraucherabteil. Die Sitzbänke sind in ähnlicher Weise angeordnet, wie bei den europäischen Durchgangswagen mit Mittelgang; sie besitzen nicht die sonst in Amerika vielfach verwendeten umklappbaren Rückenlehnen. Der zweite Anhänger hat 57 Sitzplätze. Seine hintere Hälfte ist als Plauder- und Aussichtsraum mit bequemen Korbsesseln ausgestattet. Sämtliche Wagen haben elektrische Beleuchtung und Warmwasserheizung.

Der Zug läuft unter dem Namen „Blauer Vogel" im Schnellverkehr zwischen verschiedenen größeren Städten in der Nähe von Chicago. R. D.

(Railw. Age 1929, 1. Halbj., Nr. 3.)

*) Organ 1927, S. 523.

Buchbesprechungen.

Fördermittel zum Bekohlen und Besanden von Lokomotiven. Eine Untersuchung der bestehenden Anlagen in wirtschaftlicher und technischer Hinsicht von Dr. Ing. Max Gottschalk (1928). 176 Seiten mit 53 Abbildungen. Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn. Berlin.

Der Verfasser untersucht die bei der Deutschen Reichsbahn im Betrieb befindlichen Lokomotiv-Bekohlungs- und Besandungsanlagen in wirtschaftlicher und technischer Hinsicht, und gibt auch die verschiedenen Arten der Bekohlung und Besandung an, die im in- und ausländischen Eisenbahnbetrieb Verwendung finden.

Zugfestigkeit und Härte bei Metallen. (Heft 313 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens.) Von Dr. Ing. Otto Schwarz. Broschiert 6,— ℛℳ, für VDI-Mitglieder 5,40 ℛℳ. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin.

Die steigende Verwendung von Nichteisenmetallen, sowie die fast allgemein gewordene Prüfung von Halb- und Fertigerzeugnissen mittels des Kugeldruckverfahrens ergibt das immer dringendere Bedürfnis, die theoretischen und praktischen Zusammenhänge von Zugfestigkeit und Härte zu klären. Der Verfasser behandelt im ersten Teil unter Beachtung bekannter Gesetzmäßigkeiten die theoretischen Zusammenhänge. Dies führt, da beide Größen einen für den Stoff kennzeichnenden Formänderungswiderstand messen, zu einer gesetzmäßigen Abhängigkeit der Zugfestigkeit von den Härtekennziffern. Der zweite Teil bringt umfangreiche Versuchsergebnisse an Kupfer, verschiedenen Messingsorten, Nickel, Aluminium, Duralumin und Skleron in geglühtem und verschieden kalt gewalztem Zustand. Auf Grund dieser Versuche wird eine Tafel angegeben, aus der die Umrechnungszahl von Härte in Festigkeit entnommen werden kann.

Der Wärmeübergang beim Kondensieren von Heiß- und Sattdampf von Prof. Dr. Ing. M. Jakob und Reg.-Rat Dr. Ing. S. Erk. **Die Verdampfungswärme des Wassers und das spezifische Volumen von Sattdampf für Temperaturen bis 210° Celsius** von Prof. Dr. Ing. M. Jakob (Heft 310 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens). Broschiert 3,50 ℛℳ, für VDI-Mitglieder 3,15 ℛℳ. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin.

Obwohl der Wasserdampf zu den allerwichtigsten Energieträgern der Technik gehört, sind viele seiner Eigenschaften wegen der Schwierigkeit der experimentellen Erforschung noch merkwürdig wenig bekannt. Dies gilt z. B. für den im 1. Heft behandelten Kondensationsvorgang, einen in der Technik besonders häufigen Prozeß.

In der zweiten Arbeit werden zunächst Messungen der Verdampfungswärme des Wassers im Bereich bis 210° C (20 at) mitgeteilt. Von den drei Größen, aus denen sich der Wärmeinhalt des Dampfes zusammensetzt: Flüssigkeitswärme, Verdampfungswärme und Überhitzungswärme sind bei mittleren und höheren Drucken bisher nur die erste und dritte genügend genau bestimmt, die Verdampfungswärme noch nicht.

Die Durchflußzahlen von Normaldüsen und Normalstaurändern für Rohrdurchmesser von 100 bis 1000 mm (Heft 311 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens) von Prof. Dr. Ing. M. Jakob und Dr. Ing. Fr. Kretzschmer. 35 Seiten mit 98 Abbildungen und 14 Zahlentafeln. Broschiert 5,50 ℛℳ, für VDI-Mitglieder 5,— ℛℳ. VDI-Verlag Berlin.

Das häufigst benutzte Meßverfahren für große strömende Gasmengen, wie sie in den Gebläsen des Bergbaus, in den Leitungen der Hüttenwerke und der chemischen Industrie umlaufen, ist das des Druckabfalls in einer künstlichen Verengung der Rohrleitung. Die Durchflußzahl, mit der man die aus diesem Druckabfall berechnete Strömungsgeschwindigkeit multiplizieren muß, um die wirkliche Geschwindigkeit zu erhalten, hängt von der Art, Form und dem Einbau der Drosselstelle ab. Der Verein deutscher Ingenieure, der Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten und der Verein deutscher Eisenhüttenleute haben sich auf eine Normaldüse und auf einen Normalstaurand geeinigt. Der Untersuchung dieser beiden Formen, und zwar für Rohre von 100 bis 1000 mm l. W. dient die vorliegende, als Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt herausgegebene Arbeit.

Elektrische Bahnen. Zentralblatt für den elektrischen Zugbetrieb. Herausgeber: Reichsbahndirektor W. Wechmann, Berlin. Reichsbahnoberrat O. Michel, München. Ergänzungsheft: Fernmeldebetrieb an elektrischen Bahnen mit Gleichrichter-Speisung und in Fernmeldekabeln an Wechselstrombahnen. 100 Seiten. Preis geheftet 7,50 ℛℳ, in Ganzleinenband 10,— ℛℳ. Verlag von Reimar Hobbing, Berlin.

Das mit 159 instruktiven Abbildungen geschmückte Werk enthält die neuesten Ergebnisse der seit 1927 von der Deutschen Reichsbahn und der Deutschen Reichspost angestellten Untersuchungen und Versuche zur weiteren Erforschung der Einwirkung des Bahnstroms auf Fernmeldebetriebe.

Fragenheft zu den Fahrdienstvorschriften (FV). Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn. 83 Seiten. 1,— ℛℳ.

Die versuchsweise Aufstellung eines Fragenheftes zu den Fahrdienstvorschriften — Abschnitt 1 und 2 — hat bei allen Stellen und Bediensteten Anklang gefunden, so daß man in derselben Weise auch die Fragen zu allen anderen Abschnitten bearbeitet hat, und somit nun die gesamte Fragenzusammenstellung zu den Fahrdienstvorschriften vorliegt.

Verschiedenes.

Der Kraftwagen im Dienste der Reichsbahn.

In zunehmendem Maße stellt die Reichsbahn den Kraftwagen in ihren Dienst.

Während Ende 1927 63 Eisenbahnkraftwagenverkehre im Betriebe waren, von denen 28 dem Personenverkehr und 35 dem Güterverkehr dienten, wurden Ende 1928 89 Eisenbahnkraftwagenverkehre gefahren, und zwar

	26	bahneigene Verkehre	
davon	11	Personenverkehre mit einer Streckenlänge von	198 km
	15	Güterverkehre mit einer Streckenlänge von	253 km
			451 km
und	63	Gemeinschaftsverkehre,	
davon	35	Personenverkehre mit einer Streckenlänge von	640 km
	28	Güterverkehre mit einer Streckenlänge von	1148 km
			1788 km.

Die 89 Kraftwagenverkehre der Reichsbahn weisen also insgesamt 2239 km Streckenlänge auf.

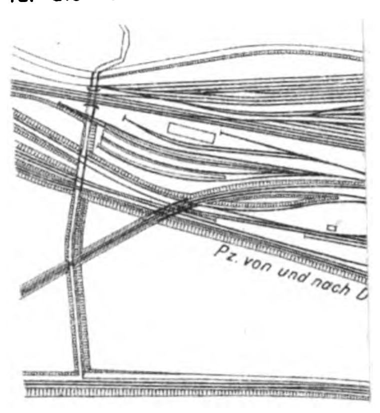
Im Laufe des Jahres 1928 wurden 26 Kraftwagenverkehre eingerichtet. Die Vermehrung der Verkehre erstreckt sich vornehmlich auf den Personenverkehr, für den 18 neue Linien eingerichtet wurden. Für die Güterbeförderung wurden acht Linien neu eingerichtet.

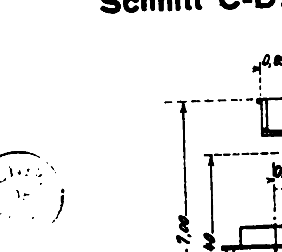
Entsprechend der Zunahme der Personenverkehre sind auch die Fahr- und Beförderungsleistungen in diesem Verkehrszweig gestiegen.

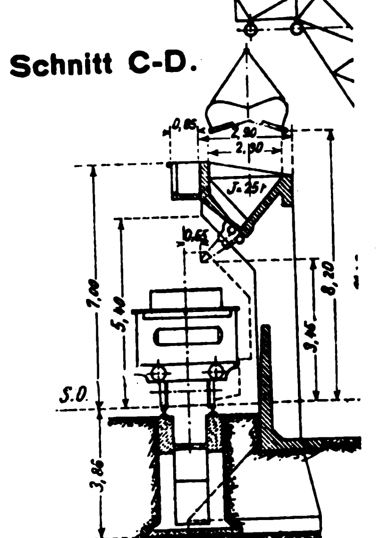
Geleistete Omnibuskilometer: 1927 801609, 1928 1243034, das sind 55 v. H. mehr. Beförderte Personen: 1927 1516615, 1928 2169926, das sind 43 v. H. mehr.

Im Güterverkehr sind die Fahr- und Beförderungsleistungen des Jahres 1927 nicht erreicht worden. Geleistete Lastkraftwagenkilometer: 1927 1126908, 1928 1052199. Beförderte Güter: 1927 377512 t, 1928 249346 t.

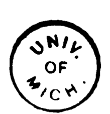
Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.

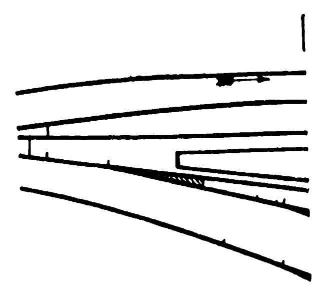












C. W. Kreidel's Verlag, München

Fördermittel zum Bekohle[...]
Eine Untersuchung der [...]
licher und technischer Hi[...]
(1928). 176 Seiten mit 5[...]
wissenschaftlichen Lehrm[...]
Deutschen Reichsbahn.

Der Verfasser untersu[...]
im Betrieb befindlichen Lok[...]
anlagen in wirtschaftlicher [...]
auch die verschiedenen Art[...]
die im in- und ausländischen [...]

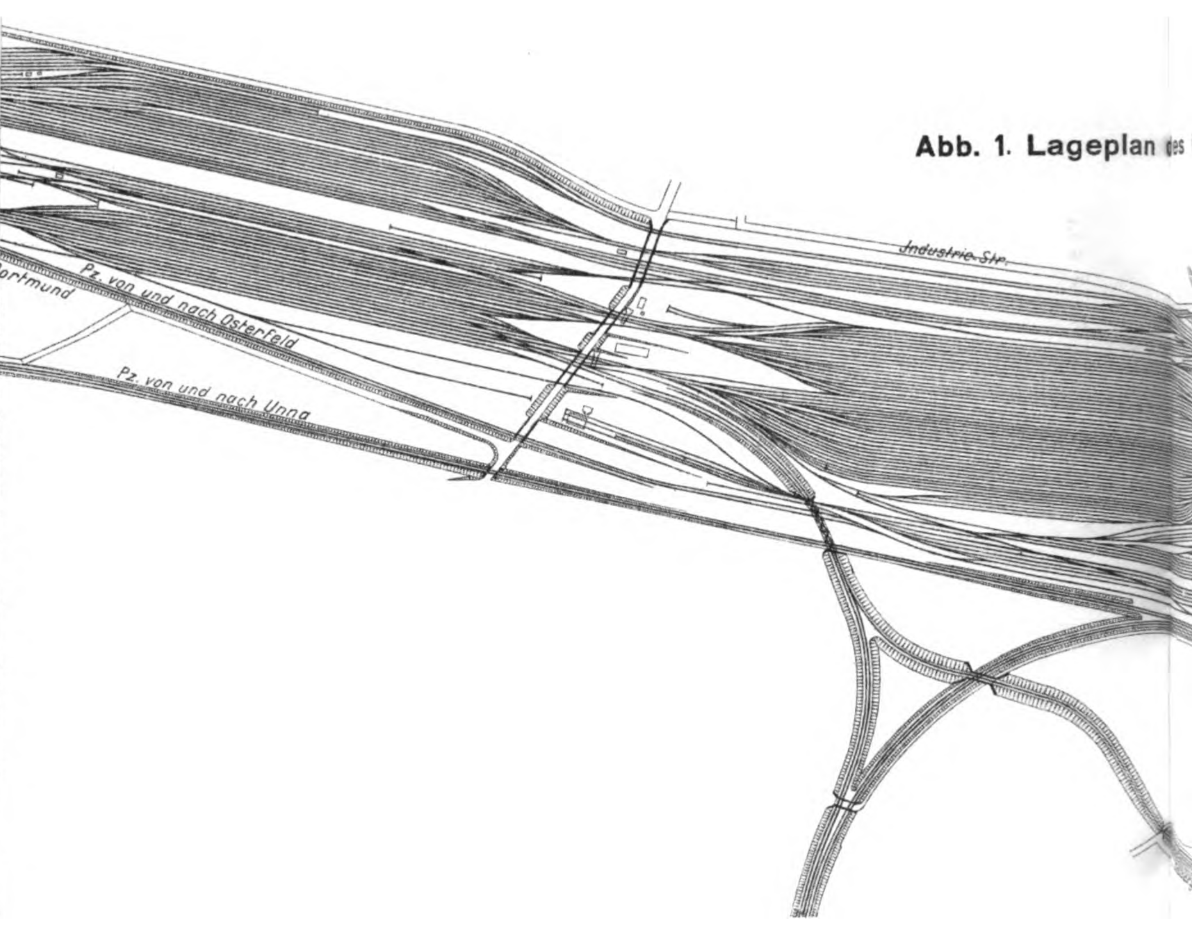
Zugfestigkeit und Härte bei [...]
arbeiten auf dem Gebiete [...]
Otto Schwarz. Bros[...]
5,40 *RM*. VDI-Verlag [...]

Die steigende Verwen[...]
die fast allgemein geworde[...]
erzeugnissen mittels des K[...]
dringendere Bedürfnis, die [...]
sammenhänge von Zugfesti[...]
fasser behandelt im ersten T[...]
mäßigkeiten die theoretisch[...]
beide Größen einen für den S[...]
widerstand messen, zu ein[...]
der Zugfestigkeit vo[...]
zweite Teil bringt umfang[...]
verschiedenen Messingsort[...]
und Skleron in geglühtem [...]
stand. Auf Grund dieser [...]
aus der die Umrechnungsza[...]
werden kann.

Der Wärmeübergang beim [...]
von Prof. Dr. Ing. M. J[...]
Die Verdampfungswärme [...]
Volumen von Sattdampf [...]
Prof. Dr. Ing. M. Jako[...]
auf dem Gebiete des In[...]
für VDI-Mitglieder 3,15 [...]

Obwohl der Wasserd[...]
trägern der Technik gehört, [...]
der Schwierigkeit der exp[...]
würdig wenig bekannt. D[...]
handelten Kondensationsvo[...]
häufigen Prozeß.

In der zweiten Arb[...]
Verdampfungswärme de[...]
mitgeteilt. Von den drei G[...]



Der Kraftwagen [...]

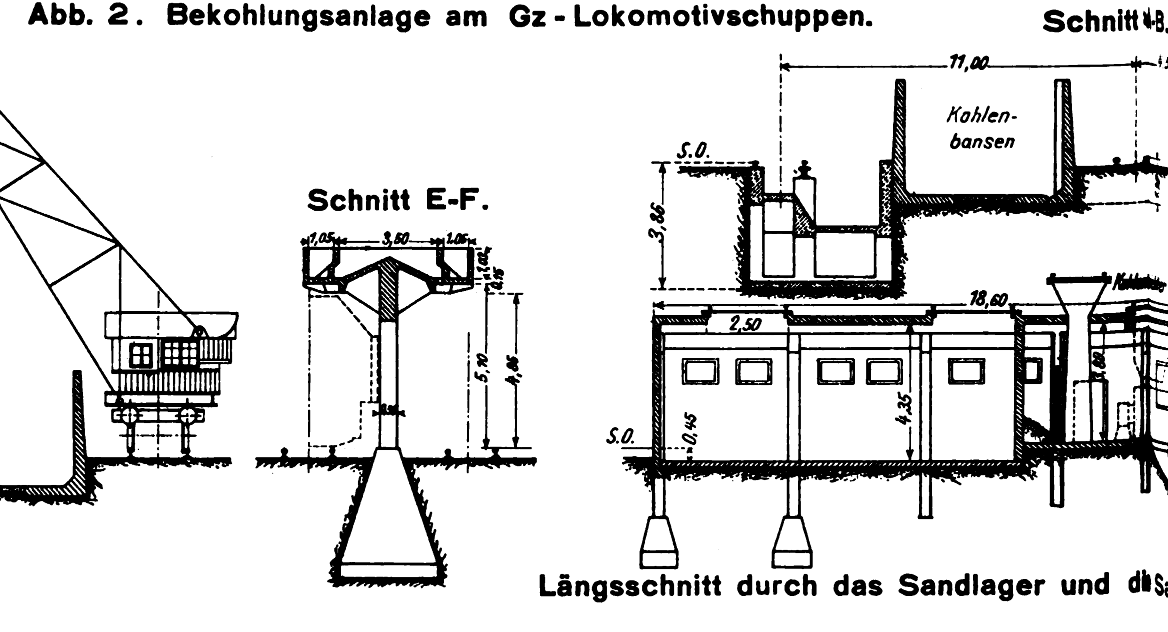
In zunehmendem Maß[...]
in ihren Dienst.

Während Ende 1927 [...]
Betriebe waren, von denen [...]
Güterverkehr dienten, wur[...]
verkehre gefahren, und zw[...]

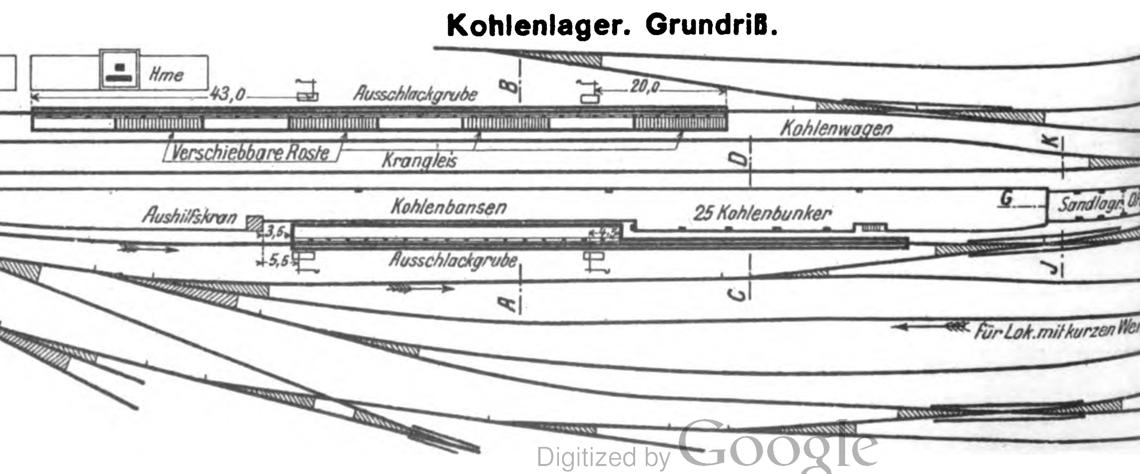
26 bahneigene Verk[...]
davon 11 Personenverkehr[...]
15 Güterverkehre [...]

und 63 Gemeinschaftsve[...]
davon 35 Personenverkehr[...]
28 Güterverkehre [...]

Abb. 2. Bekohlungsanlage am Gz-Lokomotivschuppen.

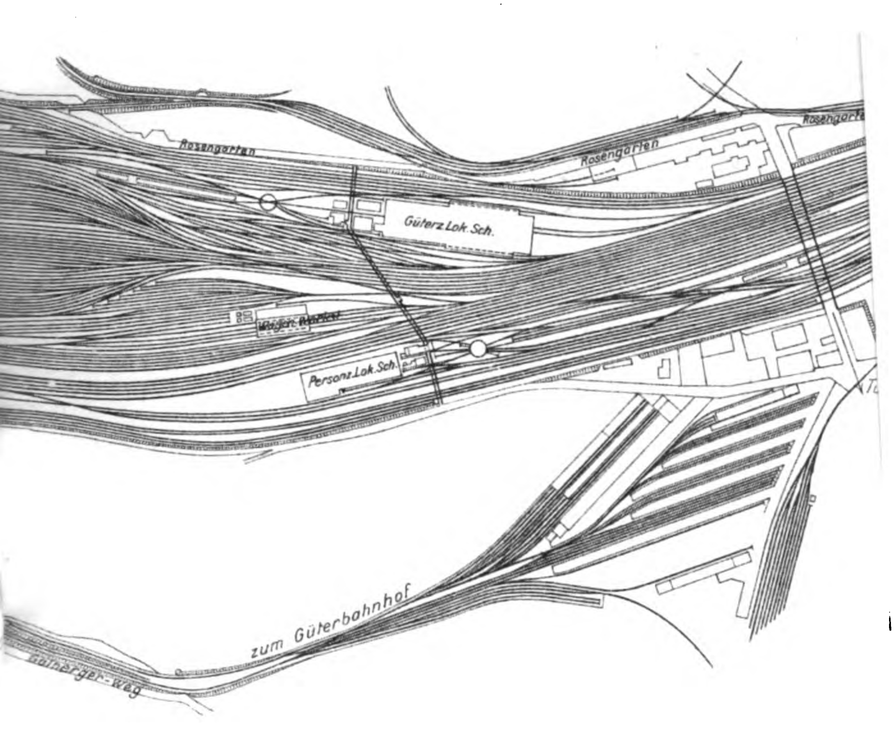


Kohlenlager. Grundriß.

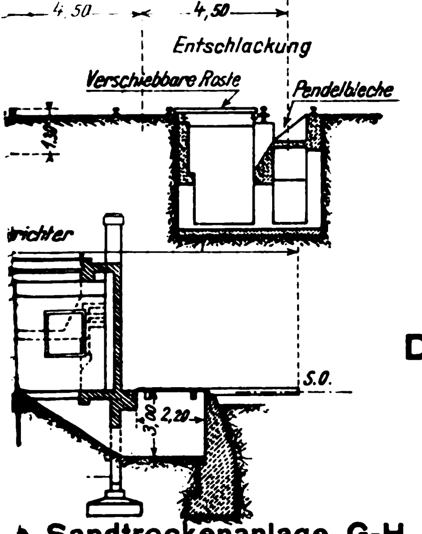


Für die Schriftleitung ve[...]

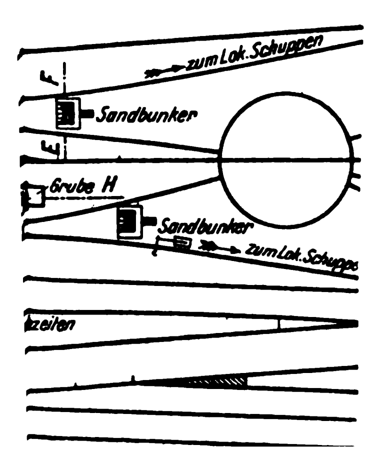
es Bahnhofs Hamm i. Westf.



A-B.

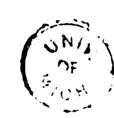
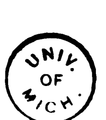


Sandtrockenanlage G-H.



VIII

Zum Aufsatz:
Die maschinentechnischen A
des Bahnhofs
Hamm i. Westf.

Fördermittel
Eine Unte
licher und
(1928). 17
wissenschaf
Deutschen

Der Ve
im Betrieb be
anlagen in v
auch die ver
die im in- un

Zugfestigkeit
arbeiten a
Otto Sc
5,40 R.M.
Die st
die fast allg
erzeugnissen
dringendere
sammenhäng
fasser behan
mäßigkeiten
beide Größer
widerstand
der Zugfe
zweite Teil
verschiedene
und Skleron
stand. Auf
aus der die
werden kan

Der Wärme
von Prof.
Die Verd
Volumen
Prof. Dr.
auf dem
für VDI-

Obwol
trägern der
der Schwie
würdig wen
handelten K
häufigen Pr
In de
Verdampf
mitgeteilt.

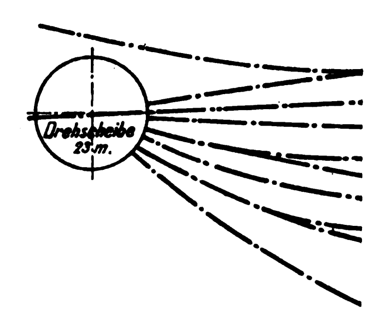
Der

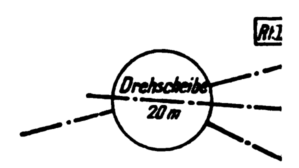
In zun
in ihren Di
Währe
Betriebe we
Güterverke
verkehre ge
26
davon 11
15

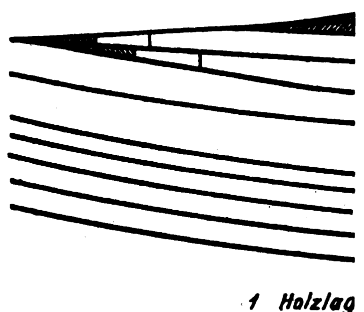
und 63
davon 35
28

Für di

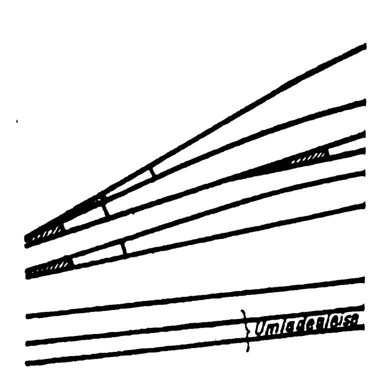
Zum



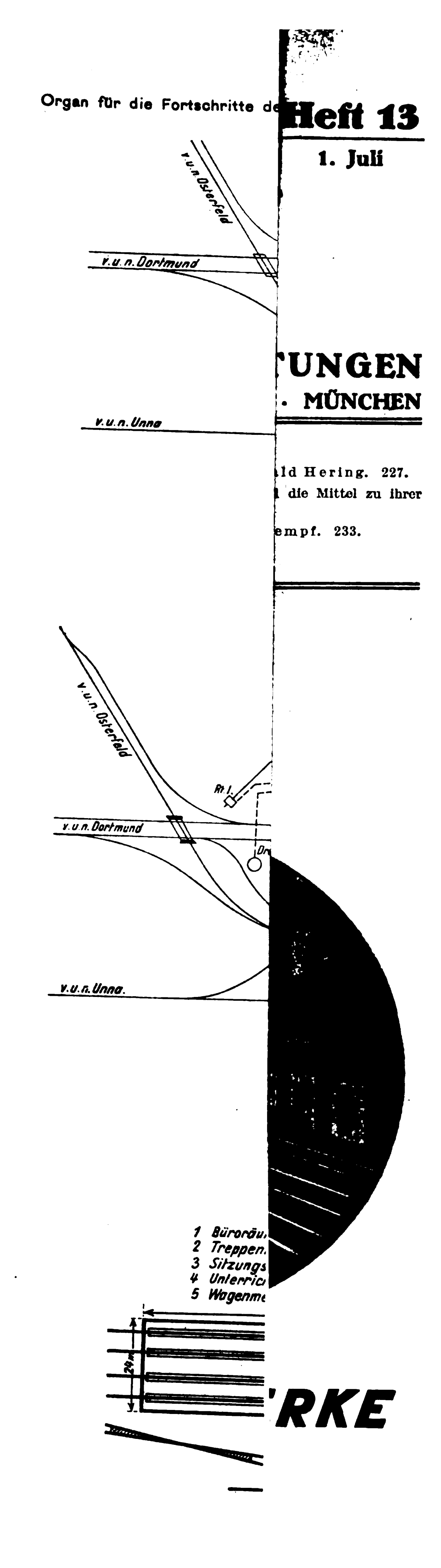




1 Holzlag
2 Schaltr
3 Werkze
4 Werkstat



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt

Zum Aufsatz: Die maschinentechnischen A

Abb. 1. Wasserversorgungspl

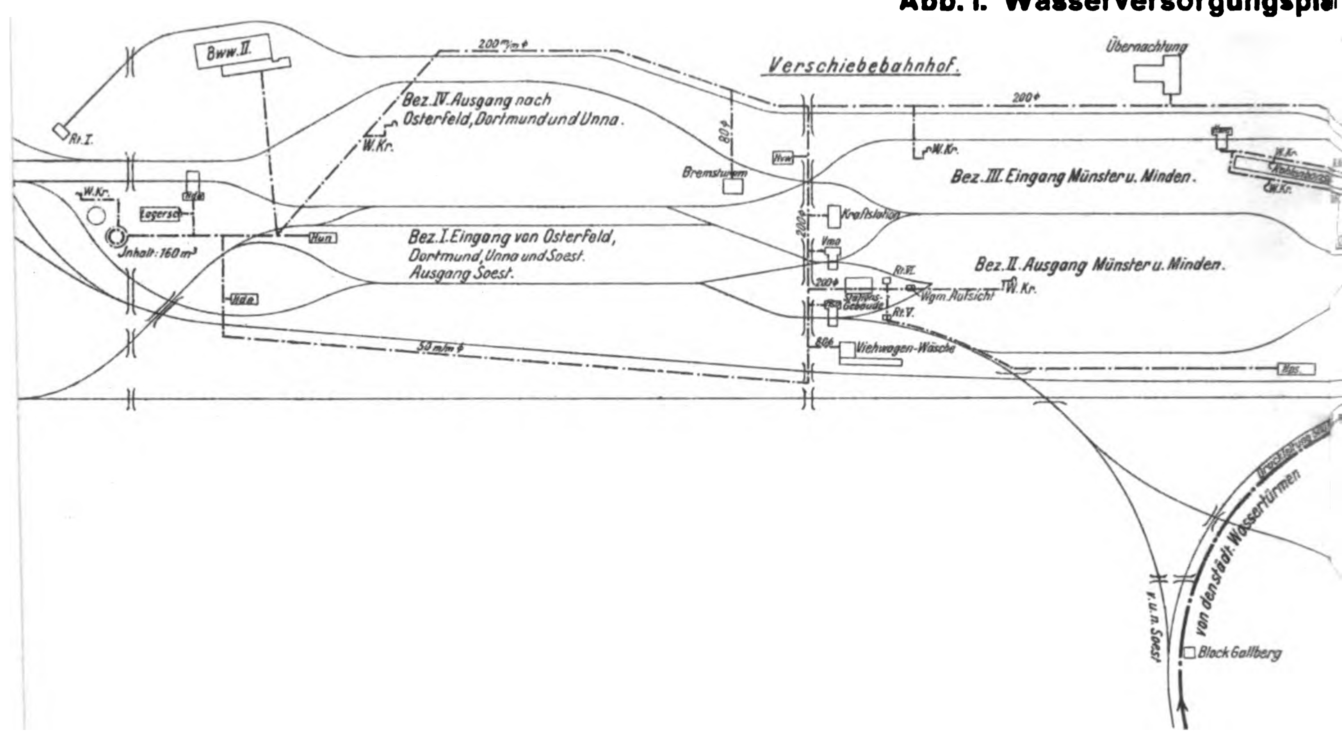


Abb. 2. Stromversorgungspla

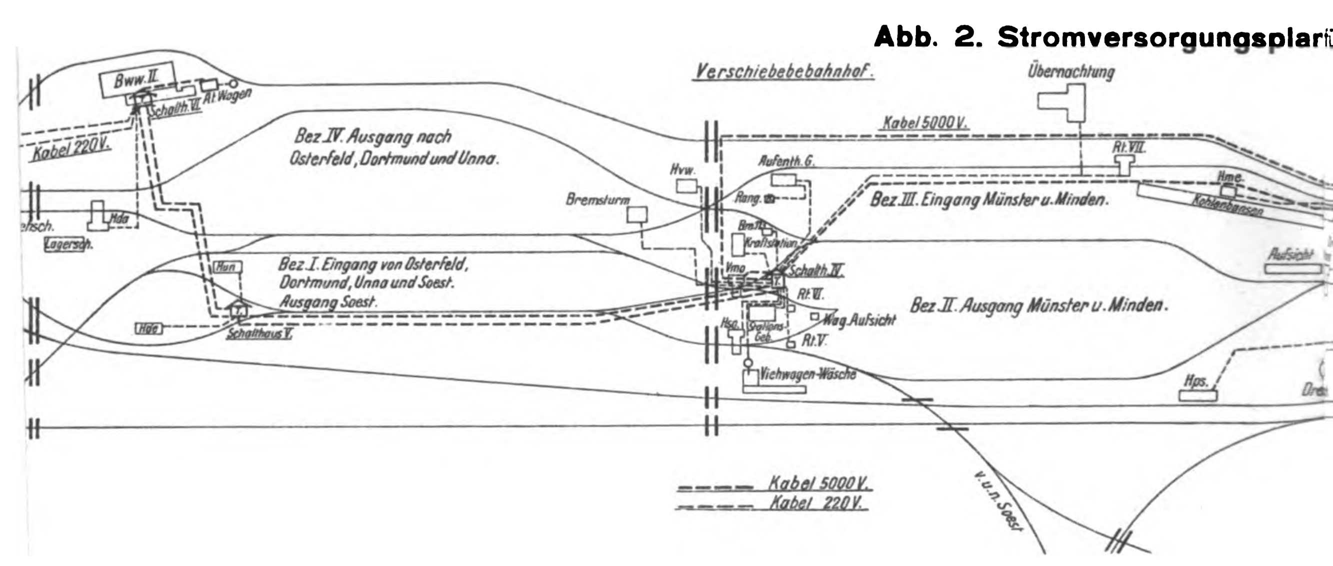
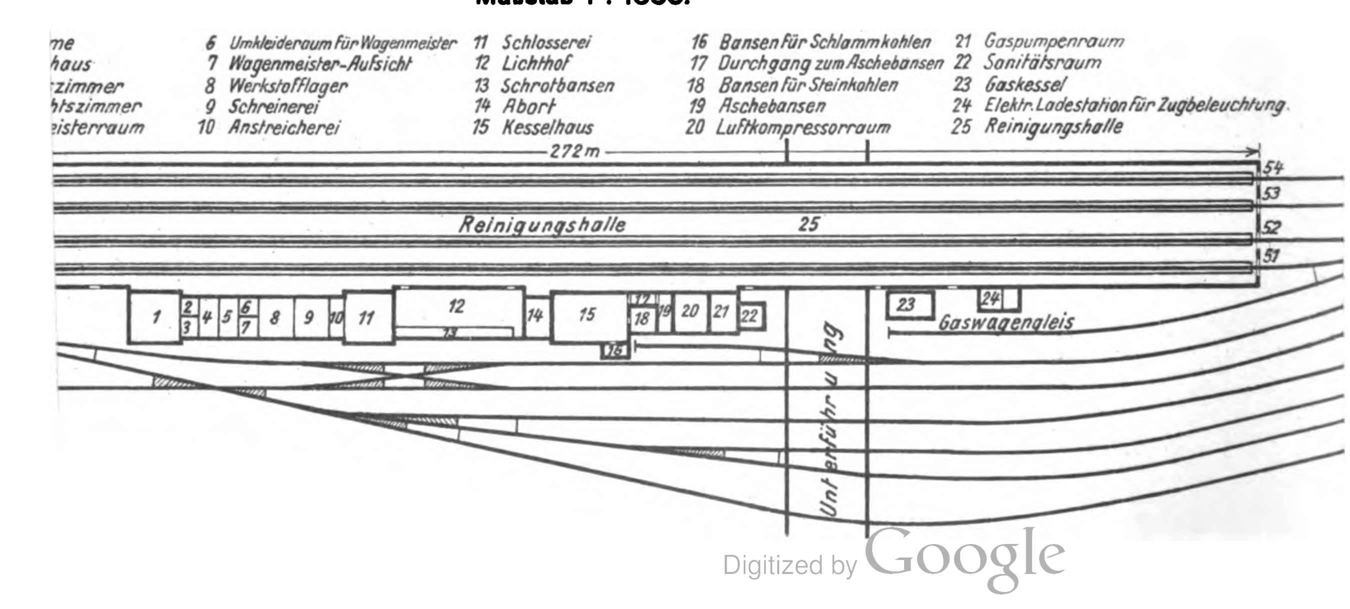


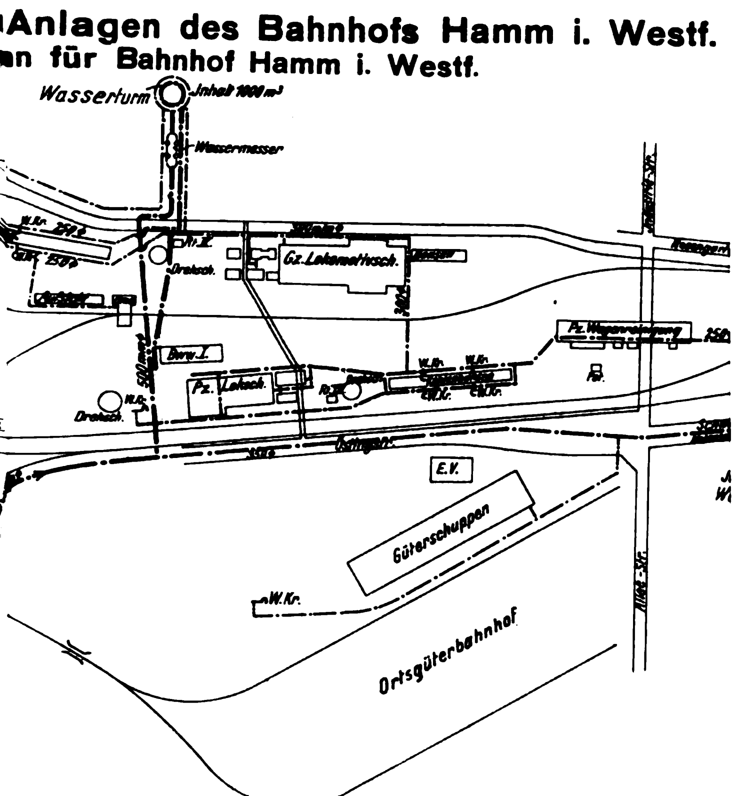
Abb. 3. Personenwagenreinigungshalle.

Maßstab 1 : 1500.



Anlagen des Bahnhofs Hamm i. Westf.

an für Bahnhof Hamm i. Westf.



für Bahnhof Hamm i.Westf.

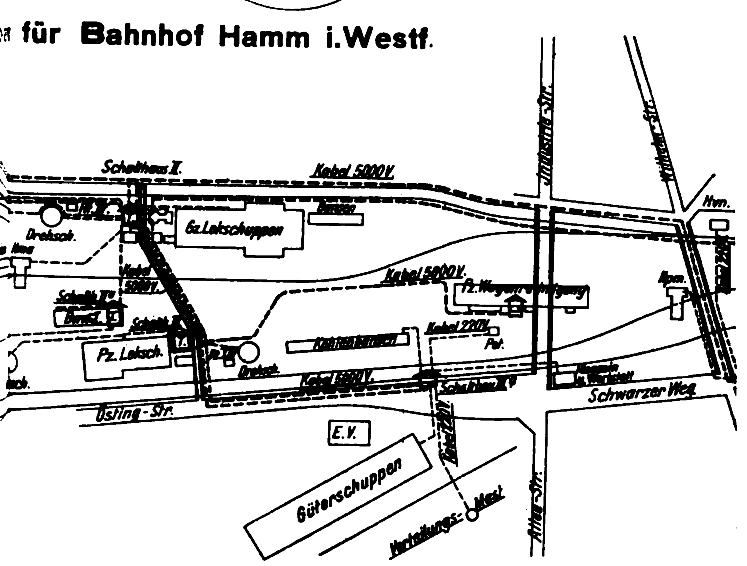
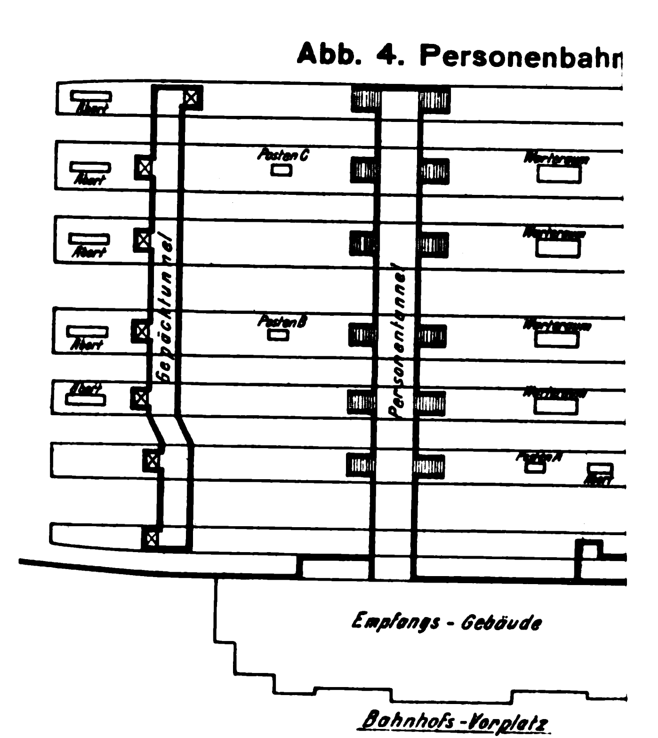


Abb. 4. Personenbahn



Heft 13

1. Juli

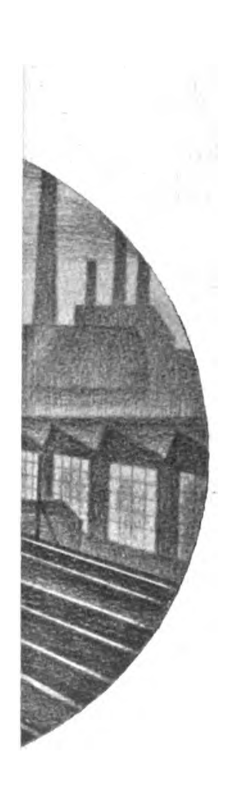
TUNGEN

· MÜNCHEN

vald Hering. 227.

nd die Mittel zu ihrer

aempf. 233.



RKE



1929
84. Jahrgang

Heft 13
1. Juli

ORGAN
FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. **H. Uebelacker,** Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. **A. E. Bloss,** Dresden

84. Jahrgang · **1. Juli 1929** **Heft 13**

Beitrag zur Frage der selbsttätigen Hemmschuhbremsen.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. **Frohne,** Dresden.

Im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Heft 5 vom Jahre 1928 haben die Herren Kaempf*) und Wöhrl**) u. a. über die mechanisierten Hemmschuhbremsen auf den französischen Verschiebebahnhöfen Lille und Bordeaux berichtet und sich dabei warm dafür eingesetzt, derartige Bremsen auch auf deutschen Verschiebebahnhöfen zu versuchen. Es ist vielleicht nicht unwichtig, die Aufgabe, den Hemmschuh fernbedienbar zu machen, einmal vom Standpunkte des Betriebswissenschaftlers zu beleuchten. Die nachstehenden Untersuchungen, die das Ergebnis einer Besichtigungsreise darstellen, werden erkennen lassen, daß die uneingeschränkte Anerkennung der französischen Lösungen nicht geteilt werden kann, so geistreich und technisch bemerkenswert diese Versuche auch sind. Vielleicht geben aber diese Zeilen Anregungen, nach welcher Richtung hin die ganze Frage weiter entwickelt werden muß.

In Ergänzung der Ausführungen von Kaempf und Wöhrl a. a. O. soll nachstehend zunächst für jede Bremse eine kurze Beschreibung der in betrieblicher Hinsicht wissenswerten baulichen Anordnung und der Bedienung und sodann eine Beurteilung vom betrieblichen Standpunkte gegeben werden, soweit sie auf Grund der örtlichen Besichtigung und theoretischer Überlegungen möglich ist.

A. Bauliche Anordnung und Bedienung der mechanisierten Bremsen.

1. Nordbahnbremse (Erfinder Deloison und Deyon) (Abb. 1).

Das Bestreben der Erfinder ging dahin, den Bremsvorgang so, wie er sich in einer handbedienten Hemmschuhbremse (Büssingsche Gleisbremse) abspielt, möglichst ohne irgendwelche Abänderungen zu mechanisieren. Zu diesem Zwecke behielten sie den Hemmschuh in seiner gewöhnlichen Form im wesentlichen bei. Sie setzten ihn auf eine Stahlplatte, an deren Unterseite ein Gleitstück angenietet ist, das in einer an der Außenseite der Schiene angebrachten Rille geführt ist (Abb. 2).

In dieser Führungsrille läuft ein vom Hemmschuh vollkommen unabhängiges zweites Gleitstück (im folgenden mit „Schlitten" bezeichnet), das in ein unendliches Seil eingeschaltet ist und mittels eines Seilantriebes hin und her bewegt werden kann. Der Schlitten befindet sich immer auf der Talseite, also der der Auswurfstelle zugekehrten Seite des Hemmschuhes. Der Antriebmotor mit der Seilscheibe liegt wie ein Weichenmotor außerhalb des Gleises am Anfang der Bremsstrecke (Abb. 3).

Der 1 PS-Motor kann von einem entfernt liegenden Bremshäuschen (ein hoher Bremsturm für drei Wärter war zur Zeit der Besichtigung gerade im Bau) gesteuert werden. Die Steuerung ist sehr sinnreich durchgebildet, und es ist ohne weiteres möglich, den Hemmschuh mit Hilfe des Schlittens auf jede beliebige Entfernung von der Auswurfstelle vorzuschieben. Wenn der Hemmschuh die gewünschte Stelle erreicht hat, kehrt der Schlitten selbsttätig in die Ruhelage am Ende der Auswurfstrecke zurück. Dieses selbsttätige Zurückkehren des Schlittens ist von größter Bedeutung, da die Anlage zerstört werden würde, wenn der belastete Hemmschuh mit einem plötzlichen Stoß auf den Schlitten auflaufen würde. Aus diesem Grunde ist auch das Gleis auf die gesamte Länge der Bremse isoliert. Wird der

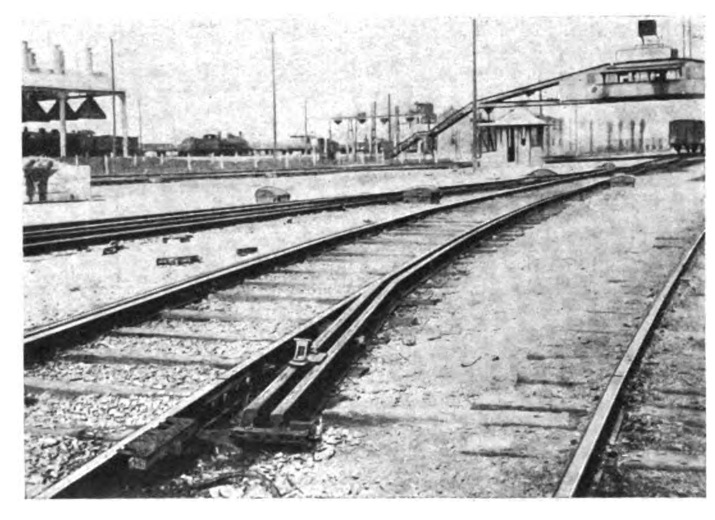


Abb. 1. Nordbahnbremse.

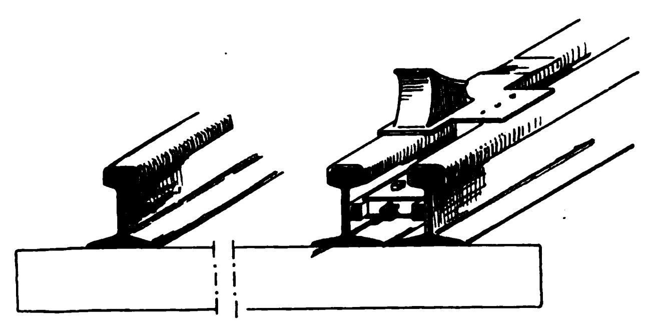


Abb. 2. Nordbahnbremse.

Hemmschuh erst kurz vor Ankunft eines Wagens vorgeschoben, so wird der Motor des Seilantriebes selbsttätig auf Rücklauf umgeschaltet, sobald der Wagen in die isolierte Strecke einfährt, also bevor der Hemmschuh die vorgesehene Anfangsstellung erreicht hat. Hierin liegt die Sicherheit, daß Schlitten und Hemmschuh während des Bremsvorganges nicht miteinander in Berührung kommen.

2. Südbahnbremse (Erfinder Cadis) (Abb. 4).

Der Erfinder der Südbahnbremse ist von wesentlich anderen Grundgedanken ausgegangen. Er wollte vor allem erreichen, daß das Vorschieben des Hemmschuhes völlig unabhängig vom Ablauf wird. Zu diesem Zwecke ist der Hemmschuh auch geführt, und zwar mittels einer Muffe auf einer Stange, aber die Führungsstange ist beweglich und wird von

*) Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Heft 5 vom 1. März 1928, S. 79 „Neuerungen in französischen Güterbahnhöfen mit besonderer Berücksichtigung der Mechanisierung" von Baurat W. Kaempf, Direktor der Gesellschaft für Oberbauforschung, Berlin.

**) Desgl. S. 86: „Selbsttätige Hemmschuhbremsen" von Reichsbahnoberrat Wöhrl, Nürnberg.

der Bremsschiene während des Vorschiebens des Hemmschuhes entfernt.

Die Ruhestellung des Hemmschuhes ist die Bereitschaftsstellung am Beginn der Bremsstrecke (Abb. 5).

seite der Bremsschiene ist eine zweite Schiene angeschraubt, an deren Ende ein abweisendes Schienenstück befestigt ist. Der Hemmschuh selbst ist auf eine Platte aufgenietet, die an der unteren Seite einen Anschlag hat, der während der

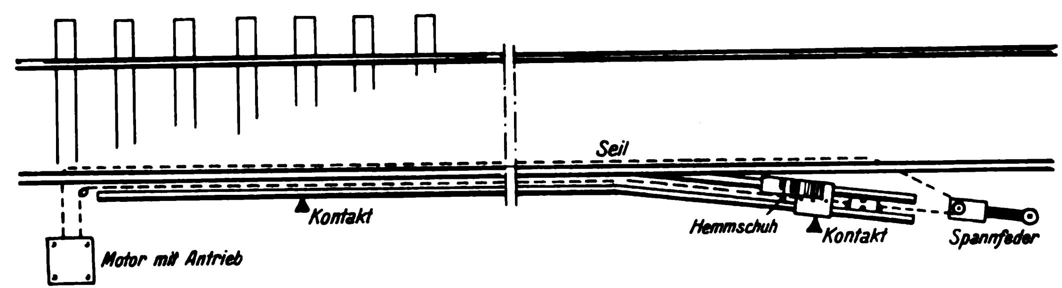


Abb. 3. Nordbahnbremse. Draufsicht.



Abb. 4. Südbahnbremse.

Bremsung an der Außenschiene entlanggleitet und am Ende den Hemmschuh unter dem Rade hervorzieht (Abb. 7). Auf der anderen Seite ist an die Platte eine gußeiserne Hülse angeschraubt, die eine Welle umschließt, auf der eine Reihe loser Spiralfedern sitzen (Abb. 8). Mit der Welle ist an beiden Enden eine Gleitstange verbunden, die in der Hauptsache zum Tragen der Konstruktion bestimmt ist, wenn der Hemmschuh nicht aufliegt.

Beim Bremsvorgang werden die Federn mitgenommen und am Ende der Bremsstrecke zusammengedrückt (Abb. 9). Sie haben ihre größte Spannung, wenn der Hemmschuh unter dem Rade herausgezogen wird. In diesem Augenblicke gehen Welle und Gleitstange in Grundstellung, die Federn entspannen sich und schleudern den Hemmschuh in die Ausgangsstellung zurück. In dieser Stellung bleibt der Hemmschuh, bis Welle und Führungsstange durch den im Gleise liegenden Antrieb wieder an die Bremsschiene herangerückt werden und der Hemmschuh damit wieder aufgelegt wird.

Der Bremswärter befindet sich in einem etwa 8 bis 10 m

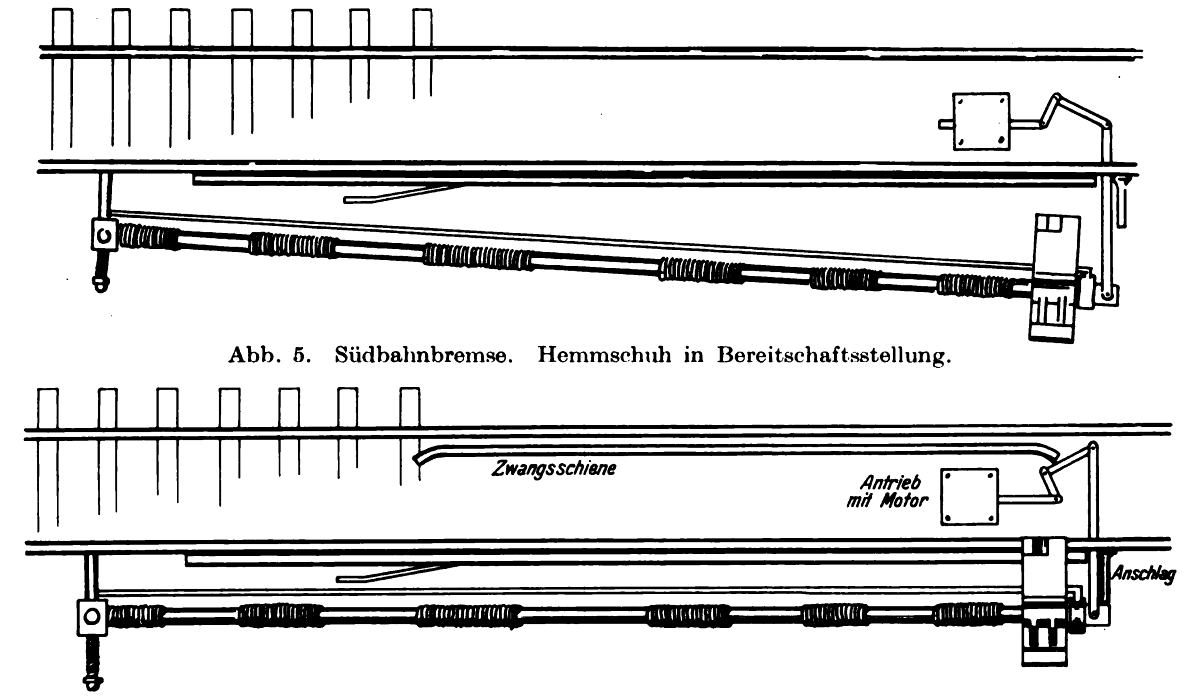


Abb. 5. Südbahnbremse. Hemmschuh in Bereitschaftsstellung.

Abb. 6. Südbahnbremse. Draufsicht. Hemmschuh ausgelegt.

Soll der Hemmschuh aufgelegt werden, so muß die Führungsstange mittels eines Antriebs an die Bremsschiene herangeführt werden (Abb. 6).

Die Bremsschiene läuft durch, hat also kein Herzstück wie die gewöhnliche Hemmschuhgleisbremse. An der Außen-

über dem Erdboden liegenden Bedienungsraume (Abb. 10). Er hat vor sich auf einem Tisch einen schematisch dargestellten Gleisplan, in dem die Bremsen durch rechteckige Handknebel angegeben sind (Abb. 11). Die Knebel geben die jeweilige Stellung des Hemmschuhes an. Gleichzeitig



werden mit ihnen die Schaltungen ausgeführt. Es gibt drei Lagen der Knebel.

1. Lage bedeutet: Der Hemmschuh ist in Bereitschaftsstellung. Der Motor steht.

2. Lage gebracht, Wird der Knebel in die so wird der Hemmschuh aufgelegt (Bremsstellung).

3. Lage gebracht, Wird der Knebel in die so wird der Hemmschuh wieder in die Bereitschaftsstellung zurückgeführt.

Die Bedienung des Apparates ist sehr einfach. Der Wärter hat nur den Knebel aus Lage 1 in Lage 2 zu bringen, um den Hemmschuh aufzulegen, wenn er eine Bremsung vornehmen will. Sieht er im letzten Augenblick, daß die Bremsung unnötig ist, so bringt er den Knebel in Lage 3 und zieht damit den Hemmschuh in die Bereitschaftsstellung zurück.

B. Beurteilung der Bremsen vom betrieblichen Standpunkte.

Im folgenden sollen die beiden mechanisierten Bremsen mit einer handbedienten Bremse verglichen werden, und zwar sollen:

1. die bei einem Handbremsvorgange erforderlichen Tätigkeiten festgestellt und die Art ihrer Ausführung bei den mechanisierten Bremsen untersucht werden, und

Verteilen der Rangierzettel.
Begleiten von Gruppen- oder Vorsichtswagen.
Ausladen neuer und Verladen unbrauchbarer Hemmschuhe.

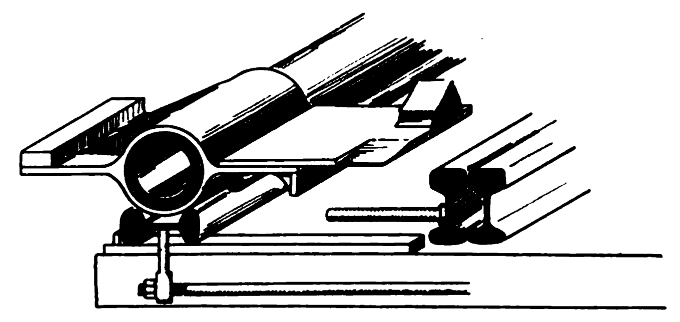


Abb. 7. Südbahnbremse. Bereitschaftsstellung.

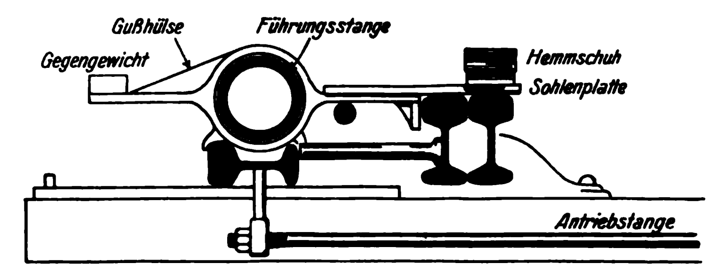


Abb. 8. Südbahnbremse. Hemmschuh aufgelegt.

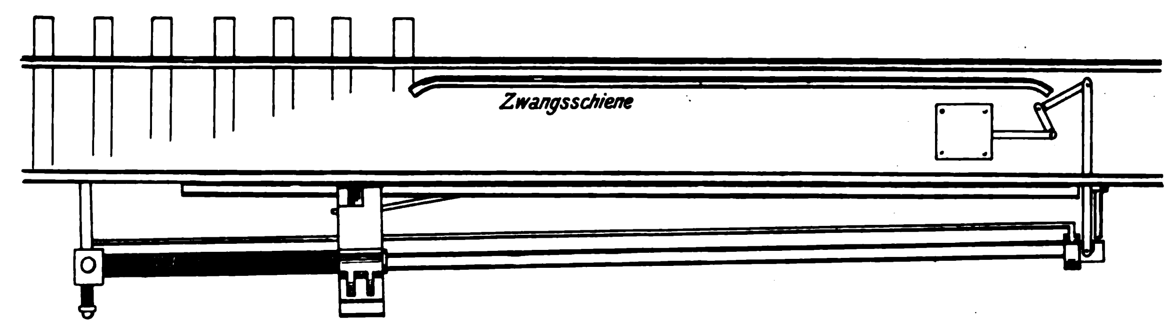


Abb. 9. Südbahnbremse. Federn zusammengedrückt.

2. sollen die Gründe behandelt werden, aus denen eine Mechanisierung in Frage kommen kann.

Zu 1. Durch Arbeits- und Zeitstudien wurden bei dem Wärter einer handbedienten Hemmschuhbremse folgende Tätigkeiten festgestellt:

a) geistige Tätigkeiten beim eigentlichen Hemmschuhlegen:
   Ablesen des Wagengewichts und des Richtungsgleises vom Rangierzettel.
   Feststellen der Laufweite aus der Anfüllung des Richtungsgleises.
   Beurteilen des Laufweges auf Widerstände.
   Einschätzen der Lauffähigkeit des Wagens.
   Bemessen des Bremsweges aus Laufweite, Laufweg, Lauffähigkeit und Entfernung des vorhergehenden und des folgenden Wagens.
   Beobachten des Bremsvorganges.
b) mechanische Tätigkeiten beim eigentlichen Hemmschuhlegen:
   Auflegen des Hemmschuhes.
   Verändern der Lage des Hemmschuhes.
   Weg zur Auswurfstelle.
   Aufheben und Zurücktragen des Hemmschuhes bis in Höhe der Auflegestelle.
   Schmieren des Hemmschuhes.
   Anwärmen des Hemmschuhes.
   Reinigen der Bremsschiene.
c) sonstige Tätigkeiten:
   Kuppeln von Wagen.

Abladen von Kohle für den Hemmschuhwärmeofen.
Beihilfe bei Eingleisungen.
Schmieren der Schienen.



Abb. 10. Bedienungsturm.

Bei den beiden Bremssystemen der Nord- und Südbahngesellschaft tritt keine Automatisierung (vollständige Mecha-

nisierung), sondern nur eine Teilmechanisierung ein, da ja der Posten des Bremswärters an sich bestehen bleibt. Dem Bremswärter wird nur ein größerer Aufgabenkreis zugewiesen, indem er eine ganze Reihe von Bremsen von einem entfernt gelegenen Standorte aus zu bedienen hat. Aufgabe der Kritik ist es nunmehr, zu untersuchen, ob die Mechanisierung Ersatz für alle vorkommenden Tätigkeiten schafft, wie sie ihn schafft und ob sie darüber hinaus Vorteile bringt, die bei der handbedienten Bremse nicht vorhanden sind.

Nordbahnbremse.

Sämtliche geistige Tätigkeiten bleiben im gleichen Umfange wie bei der handbedienten Bremse bestehen und werden auf den Bremswärter im Bremsturm übertragen. Eine wesentliche Verschlechterung in der Ausübung der geistigen Tätigkeiten tritt durch die Verlegung nicht ein. Im Gegenteil wird die Ausübung einzelner Tätigkeiten, so z. B. das Einschätzen der Lauffähigkeit der Wagen und das Bemessen der Bremswege aus Laufweite, Laufweg, Lauffähigkeit und Entfernung des vorhergehenden und des folgenden Wagens dem Bremswärter dadurch erleichtert, daß er die Wagen von der Seite her beobachten kann; allerdings nur unter der einen Voraussetzung, daß er die gleiche Zeit hierzu zur Verfügung

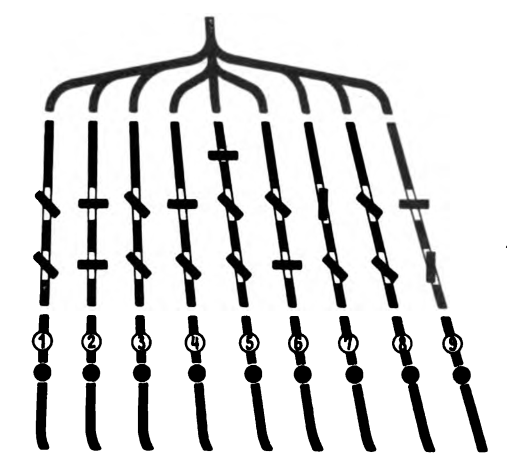


Abb. 11. Südbahnbremse. Bedienungsstand.

hat wie bei der Handbedienung. Aber dies ist leider nicht der Fall, da, wie unten näher erörtert werden wird, aus Gründen der Wirtschaftlichkeit dem Bremswärter eine so große Anzahl von Gleisbremsen zugewiesen werden muß, daß er nicht die genügende Zeit zur Ausübung der geistigen Tätigkeiten hat. Tatsächlich tritt also eine Verschlechterung in der Ausübung der geistigen Tätigkeiten ein.

Von den mechanischen Tätigkeiten beim eigentlichen Hemmschuhlegerdienst sind folgende mechanisiert: Auflegen des Hemmschuhes, Weg zur Auswurfstelle sowie Aufheben und Zurücktragen des Hemmschuhes bis zur Auflegestelle. Inwieweit vom betrieblichen Standpunkte aus die Art der Lösung als geglückt angesehen werden kann, wird unten näher erörtert werden. Durch die Mechanisierung ist nicht erfaßt: Das Verändern der Lage des Hemmschuhes, das Schmieren und Anwärmen des Hemmschuhes und das Reinigen der Bremsschienen. Die Lage des Hemmschuhes kann — wenigstens talwärts — nicht verändert werden, weil sich der Schlitten auf der Talseite des Hemmschuhes befindet und den Hemmschuh bei der Rückwärtsbewegung nicht mitnehmen kann. Damit ist zugleich ausgesprochen, daß ein einmal eingeleiteter Bremsvorgang bei Eintreten unvorhergesehener Umstände nicht wieder rückgängig gemacht werden kann. Diese Tatsache muß als wesentlicher Nachteil gegenüber der Handbedienung angesehen werden, weil sie den Bremswärter dazu bringt, den Bremsvorgang immer erst im letzten Augenblick einzuleiten, damit er möglichst alle Geschehnisse im Ablaufbetriebe berücksichtigen kann. Die betrieblichen Folgerungen aus dieser Tatsache werden unten noch weiter behandelt. Der Wegfall des Schmierens und Anwärmens beim mechanisierten Hemmschuh ist wohl ebenfalls als ein Nachteil zu bezeichnen, der übrigens allen bisher bekannten Versuchen, die Handbedienung der Hemmschuhbremse zu mechanisieren, anhaftet. Wenn auch die Ansichten über den Wert und die zweckmäßigste Art des Schmierens und Anwärmens noch nicht einwandfrei geklärt sind, und die feste Führung den Hemmschuh vor dem Abspringen schützt, so ist doch anzunehmen, daß auch bei einem geführten Hemmschuh die Zahl der Versager größer ist, wenn nicht geschmiert und im Winter nicht angewärmt wird. Der Wegfall der Schmierung bringt insofern einen erheblichen Nachteil, als der Reibungskoeffizient bei Einsetzen des Bremsvorganges seinen Größtwert hat. Hierzu kommt, daß die Massen, die beim Aufstoß des Rades zuf den Hemmschuh zu beschleunigen sind, erheblich größer sind als beim einfachen Hemmschuh; es muß also befürchtet werden, daß der Hemmschuh bei größeren Geschwindigkeiten leicht übersprungen wird. Wenn Nachteile der geschilderten Art bisher angeblich nicht eingetreten sind, so ist das darauf zurückzuführen, daß die Geschwindigkeit der ablaufenden Wagen verhältnismäßig gering ist. Es war leider nicht möglich, Geschwindigkeitsmessungen vorzunehmen, aber sicher waren die beim Ablauf vorkommenden Geschwindigkeiten wesentlich geringer als auf den meisten deutschen Ablaufanlagen.

Die sonstigen Tätigkeiten des Bremswärters werden bei der mechanisierten Bremse ganz ausgeschlossen. Für das Kuppeln der Wagen, für das Begleiten von Vorsichtswagen und die sonstigen Arbeiten, die von den Handbremswärtern nebenbei mit erledigt werden können, müssen besondere Leute eingesetzt werden. Das Verteilen der Rangierzettel kommt in Lille nicht in Frage, da ohne Zettel gearbeitet wird.

Der Punkt „Ausladen neuer und Verladen unbrauchbarer Hemmschuhe" gibt Veranlassung, noch die Frage der Haltbarkeit der verwendeten Hemmschuhe zu streifen. Leider standen zur Klärung dieser Frage Unterlagen, aus denen ein einwandfreies Bild über die Zahl der Aufläufe auf einen Hemmschuh zu gewinnen gewesen wäre, nicht zur Verfügung. Das Auswechseln des Hemmschuhes ging verhältnismäßig rasch.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen einer handbedienten Bremse und der Nordbahnbremse besteht noch darin, daß bei der mechanisierten Bremse immer der gleiche Hemmschuh zum Auflauf verwendet wird. Jeder Hemmschuh erwärmt sich während des Bremsvorganges außerordentlich stark, da die gesamte Bremsarbeit in Wärme umgesetzt wird. Diese starke Erwärmung macht es bei handbedienten Bremsen notwendig, die Hemmschuhe häufig zu wechseln. In einer mechanisierten Bremse ist dies nicht möglich. Wenn Nachteile aus diesem Umstande bisher noch nicht beobachtet worden sind, so ist dies darauf zurückzuführen, daß die Wagenfolge nicht so dicht ist wie bei uns, so daß der Hemmschuh zwischen zwei Bremsvorgängen genügend Zeit zur Abkühlung hat.

Als neue Arbeit gegenüber der handbedienten Bremse kommt bei der mechanisierten Bremse die Unterhaltung und Schmierung der mechanischen und elektrischen Teile hinzu. Wenn a. a. O. gesagt wird, daß die Wartung dieser Bremsen nur wenig Arbeit erfordere, so kann dem wohl nicht zugestimmt werden. Sowohl der mechanische als auch vor allem der elektrische Teil der Anlage besteht aus vielen Einzelteilen, die ständiger Unterhaltung bedürfen, wenn sie einwandfrei arbeiten sollen. In dieser Beziehung bedeutet eine geistreiche, dafür aber verwickelte Lösung der mechanisierten Bremse immer einen Nachteil gegenüber der einfachen handbedienten Bremse.

Südbahnbremse.

Im Gegensatz zur Nordbahnbremse ist bei der Südbahnbremse eine starke Mechanisierung der geistigen Tätigkeiten eingetreten. Cadis arbeitet mit einem konstanten Bremswege. Dadurch ist die geistige Tätigkeit für den Bremswärter wesentlich verringert. Das Bemessen des Bremsweges entfällt; der Wärter hat nur noch die Lauffähigkeit des Wagens abzuschätzen und unter Berücksichtigung der Laufweite und der Widerstände des Laufweges hinter der Bremse sowie unter Berücksichtigung der Entfernung des vorhergehenden und folgenden Wagens die Entscheidung zu treffen, ob überhaupt gebremst werden soll oder nicht. Jede Abstufung der Bremsarbeit ist ausgeschaltet. Die Südbahnbremse ist damit zu einem wesentlich einfacheren Instrument geworden als die handbediente Hemmschuhbremse oder die Nordbahnbremse.

Von den mechanischen Tätigkeiten beim eigentlichen Hemmschuhlegerdienst sind die ersten vier einwandfrei mechanisiert. Der große Unterschied zwischen Süd- und Nordbahnbremse besteht darin, daß der Hemmschuh unabhängig von der Bremsschiene nach der Auflegestelle zurückgeführt wird und daß es möglich ist, einen schon eingeleiteten Bremsvorgang durch Wiederabziehen des Bremsschuhes rückgängig zu machen.

In bezug auf das Schmieren und Anwärmen des Hemmschuhes und das Reinigen der Bremsschienen gilt das gleiche wie bei der Nordbahnbremse.

Die Südbahnbremse hat aber gegenüber der Nordbahnbremse noch den großen Nachteil, daß die beim Aufstoß des Wagens zu beschleunigenden Massen durch Hinzutreten der Sohlenplatte, der Gußstahlhülse usw. erheblich größer sind. Ferner sitzt die Führung auf der Welle verhältnismäßig weit vom eigentlichen Hemmschuh entfernt, so daß ein Verkanten der Sohlenplatte eintreten kann, was u. U. ein Festklemmen der Hemmschuhkonstruktion zur Folge haben könnte. Hier kann nur lange Beobachtung bei stärkstem Betriebe entscheiden, ob das günstige Urteil, das a. a. O. über die Bewährung dieser Bremse gefällt wurde, auch auf unseren Bahnhöfen und bei unserem Betriebe zutreffend sein würde.

Die unter sonstige Tätigkeiten aufgeführten Arbeiten müssen ebenso wie bei der Nordbahnbremse von Hilfskräften ausgeführt werden.

Zu 2. Man kann aus vier Gründen auf eine Mechanisierung der handbedienten Bremse kommen:

a) Erhöhung der Bremswirkung,
b) Steigerung der Leistungsfähigkeit des Ablaufberges,
c) Erhöhung der Sicherheit für Mannschaft, Wagen und Ladungen,
d) Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes.

Zu a) Erhöhung der Bremswirkung.

Die Bremsarbeit einer Hemmschuhbremse ergibt sich aus der Bremskraft und dem Bremsweg. Die Bremskraft ist abhängig vom Wagengewicht, von der Gleitfläche und dem Reibungsbeiwerte.

Es soll im folgenden nicht die Aufgabe sein, den Unterschieden in der Bremskraft nachzugehen, die aus der Verschiedenartigkeit der Konstruktion der drei zum Vergleiche stehenden Bremsen (Handbremse, Nordbahn- und Südbahnbremse) entstehen. Die Bremskraft ist bei den mechanisierten Bremsen wegen der größeren Gleitfläche sicher etwas größer als bei der handbedienten Bremse. Bei der Südbahnbremse kommt u. U. noch die Wirkung der Federn hinzu. Aber ausschlaggebend für die Unterschiede in der Bremswirkung sind nicht die Unterschiede in der Bauart, sondern in der Bedienung.

Bei der handbedienten Bremse kann der Bremswärter die Größe der Bremskraft durch sachgemäßes oder ungeschicktes Schmieren des Hemmschuhes und durch Reinigen der Bremsschiene wesentlich beeinflussen. Von noch größerer Bedeutung ist aber sein Mitwirken bei Festsetzung des Bremsweges. Der Bremswärter muß versuchen, die Bremsarbeit dadurch zu einem Größtwerte zu machen, daß er den Bremsweg möglichst groß wählt. Die Festsetzung der Bremsweglänge aus den oben angegebenen Größen ist Sache des Gefühls und der Erfahrung. Als einziges Hilfsmittel steht dem Bremswärter der Rangierzettel zur Verfügung, aus dem er ersehen kann, ob der ankommende Wagen beladen ist oder nicht.

Die meisten Bremswärter haben, wie häufige Beobachtungen z. B. auf den Bahnhöfen Dresden-Friedrichstadt und Chemnitz-Hilbersdorf erkennen ließen, eine große Fähigkeit im richtigen Festsetzen des Bremsweges. Auf Bahnhöfen mit wagerechten oder schwach geneigten Richtungsgleisen wird der Bremswärter immer nur einen gewissen Teil der lebendigen Kraft des Wagens zu vernichten haben. Der Wagen muß die Bremse noch mit so viel lebendiger Kraft verlassen, daß er bis an sein Ziel läuft. Auf Gefällsbahnhöfen dagegen wird der Bremswärter im allgemeinen immer das Maximum an Bremsarbeit zu erreichen suchen, namentlich dort, wo die Wagen lange Fahrwege in starkem Gefälle bis nach den Richtungsgleisen zu durchlaufen haben. Hier werden wiederholte Abbremsungen notwendig, deren Zahl in hohem Maße davon abhängig ist, mit welcher durchschnittlichen Geschwindigkeit die Wagen die Bremsen verlassen.

Beispiel: Nimmt man an, daß die durchschnittliche Einlaufgeschwindigkeit in die Bremse 5 m/Sek. beträgt (womit nicht gesagt sein soll, daß in Ausnahmefällen nicht auch erhebliche höhere Geschwindigkeiten vorkommen können), so wird bei einem Gefälle von 1:100 in der Geraden die nächste Bremsung notwendig

bei einer Auslaufgeschwindigkeit	von	0,5 m/Sek.	nach	190 m
„ „ „	„	1,0 „	„	185 m
„ „ „	„	1,5 „	„	175 m
„ „ „	„	2,0 „	„	164 m
„ „ „	„	2,5 „	„	145 m
„ „ „	„	3,0 „	„	123 m
„ „ „	„	3,5 „	„	98 m
„ „ „	„	4,0 „	„	69 m
„ „ „	„	4,5 „	„	36 m

Bei einem Laufweg von 400 m, wie er auf älteren Bahnhöfen nicht selten ist, beträgt damit die Zahl der Bremsposten 2 bei einer Auslaufgeschwindigkeit von 0,5 m/Sek. gegenüber 6 bei 4,0 m/Sek. Hieraus ist deutlich zu erkennen, welch große Bedeutung namentlich auf Gefällsbahnhöfen der Frage einer möglichst großen Bremsleistung beizumessen ist.

Bei Beurteilung der Bremsarbeit bei der Nordbahn- und bei der Südbahnbremse muß man von anderen Voraussetzungen ausgehen wie bei der handbedienten Bremse.

Bei der Nordbahnbremse waren sämtliche geistige Tätigkeiten, die beim Wärter der handbedienten Bremse vorkommen, in gleichem Umfange bestehen geblieben. Es war oben ausgeführt, daß an sich die Arbeitsbedingungen für den Wärter eher besser als schlechter werden, da er in den meisten Fällen den Wagen nicht auf sich zurollen sieht, sondern von der Seite her beobachten kann. Auf der anderen Seite war aber festgestellt worden, daß aus wirtschaftlichen Gründen die Zahl der einem Bremswärter zugeteilten Bremsen verhältnismäßig groß werden wird, so daß für die Ausübung der geistigen Tätigkeiten bei einem Bremsvorgange erheblich weniger Zeit übrig bleibt als bei der handbedienten Bremse. Von einer feinstufigen Regelung der Bremsarbeit wird also im allgemeinen schon aus Zeitmangel keine Rede sein können. Es kommt aber noch etwas hinzu. Der Wärter wird den Bremsweg auf jeden Fall so bemessen, daß er eher zu klein als zu groß ist.

Die Möglichkeit, daß ein Unfall eintritt, ist bei einem zu groß bemessenen Bremswege viel eher gegeben als bei einem zu kurz bemessenen, weil die Gefahr besteht, daß der Wagen auf dem Hemmschuhe sitzen bleibt. Bei einer handbedienten Bremse führt dieser Umstand fast niemals zu einem Unfall, namentlich wenn die Bremse in der Neigung liegt und wenn Bremsschuhe mit stark geneigter Sohle verwendet werden (Abb. 12). Bei derartigen Hemmschuhen läuft der Wagen nach dem Stillstand wieder vom Hemmschuh zurück und der Wärter hat bis zum Wiederauflauf Zeit, den Hemmschuh wegzuziehen. Infolge der Neigung des Gleises kommt der Wagen verhältnismäßig rasch wieder in Gang; gegebenenfalls schiebt der Bremswärter etwas an. In den meisten Fällen braucht der nachfolgende Wagen überhaupt nicht aufgehalten zu werden. Aber selbst wenn dies notwendig wird, und wenn in ungünstigen Fällen noch mehrere Wagen hintereinander derselben Bremse zulaufen, braucht der Ablauf nur in ganz seltenen Fällen unterbrochen zu werden, weil dann von den benachbarten Gleisbremsen die Wärter zuspringen, die zulaufenden Wagen aufhalten und wieder flottmachen.

Auf einem Bahnhof, der mit mechanisierten Bremsen der Nordbahngesellschaft ausgerüstet ist, ist dieses Verfahren nicht mehr möglich, weil Hilfskräfte zu ebener Erde nicht mehr

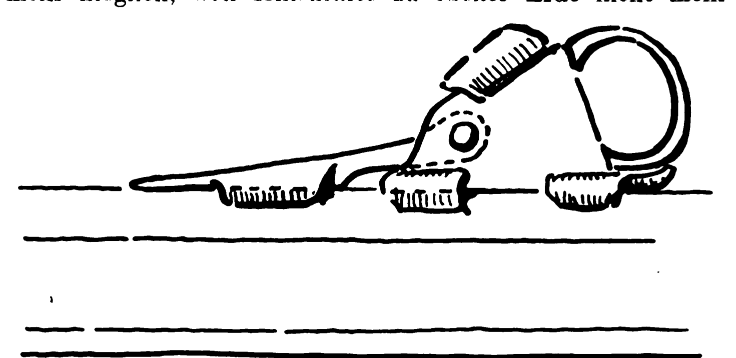


Abb. 12. Hemmschuh mit geneigter Sohle. (Wird in Sachsen auf allen Bahnhöfen mit geneigten Gleisen verwendet).

vorhanden sind. Der Bremswärter muß infolgedessen ein Sitzenbleiben des Wagens auf jeden Fall verhüten. Dies kann er nur dadurch erreichen, daß er den Bremsweg kurz genug bemißt. Der gewählte Bremsweg wird also in den Fällen, wo es auf eine möglichst große Bremsleistung ankommt, erheblich unter dem zulässigen Bremsweg liegen. Daraus folgt aber, daß im allgemeinen die Bremsarbeit, die in einer Nordbahnbremse geleistet wird, praktisch erheblich unter derjenigen liegt, die im Durchschnitt bei einer handbedienten Bremse erreicht wird. Durch die Mechanisierung wird also der Wirkungsgrad verschlechtert. Es war leider nicht möglich, Geschwindigkeitsmessungen in Lille vorzunehmen, aber es war augenfällig, wie verhältnismäßig gering die Geschwindigkeitsunterschiede zwischen Einlauf und Auslauf waren. Es ist anzunehmen, daß sich dieses Ergebnis bei Nacht und ungünstiger Witterung — vor allem bei Nebel — noch mehr verschlechtert.

Bei der Südbahnbremse ist der Unterschied gegenüber der handbedienten Bremse noch größer. Da ein konstanter Bremsweg vorhanden ist, mußte dieser ein für allemal von Anfang an so festgesetzt werden, daß alle Wagen, die überhaupt abgebremst werden müssen, die Bremse durchlaufen können, ohne sitzen zu bleiben. Cadis hat diesen Mangel nach kurzer Zeit erkannt und verwendet nunmehr, wenigstens am Anfang der Richtungsgleise, wo es auf eine möglichst große Bremswirkung ankommt, zwei hintereinander geschaltete Bremsen von 7,5 und 4,5 m Bremsweglänge, so daß die Möglichkeit besteht, wenigstens vier Stufen zu erreichen (Bremsweg 0, 4,5, 7,5 und 12 m). Allerdings wird dadurch die Anlage wesentlich verteuert. Die örtliche Beobachtung ließ auch bei der Südbahnbremse erkennen, daß die geleistete Bremsarbeit verhältnismäßig gering war.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß die in einer handbedienten Bremse im Durchschnitt erreichte Bremswirkung größer ist als bei den mechanisierten Bremsen.

Zu b) Steigerung der Leistungsfähigkeit des Ablaufberges.

Bei einer handbedienten Hemmschuhbremse wird der Hemmschuh von der Seite her aufgelegt. Es ist deshalb möglich, den Hemmschuh für den nächstfolgenden Wagen aufzulegen, sobald die letzte Achse der vorhergehenden Gruppe am Bremswärter vorbeigefahren ist; sie braucht die Bremse noch nicht verlassen zu haben. Die Bremse kann deshalb im Notfalle auch bei dichtester Wagenfolge bedient werden, so daß die Leistungsfähigkeit des Ablaufberges nicht durch die Leistungsfähigkeit der Bremsen begrenzt zu sein braucht, wenn diese im übrigen die ihnen obfallenden Aufgaben erfüllen können.

Bei der Nordbahnbremse wird der Bremsschuh auf demselben Wege vorgeschoben, auf dem er abgelaufen ist. Dies ist erst dann möglich, wenn die letzte Achse der abgebremsten Gruppe die Auswurfstelle überfahren, d. h. die isolierte Schiene verlassen hat. Die Möglichkeit, zwei Wagen, die sich ganz oder nahezu eingeholt haben, in der Bremse dadurch zu trennen, daß man den ersten Wagen frei laufen läßt und den zweiten abbremst, besteht also nicht. Allerdings scheint in Lille die Wagenfolge auch nicht so dicht zu sein, daß dieses Verfahren notwendig wäre. Dies hängt einmal wohl damit zusammen, daß die Bündelung der Richtungsgleise ganz vorzüglich ist, und daß infolgedessen gleiche Laufwege aufeinanderfolgender Wagen selten vorkommen, und daß zum anderen der Ablauf wesentlich langsamer vor sich geht als auf den deutschen Ablaufanlagen. Die mittlere Ablaufdauer betrug am Beobachtungstage etwa 12 Minuten für einen Zug von 42 Wagen. Das ist wesentlich mehr als auf den großen Verschiebebahnhöfen der Deutschen Reichsbahn. Die durchschnittliche Gruppenstärke, die drittens schließlich von Bedeutung ist, war am Beobachtungstage verhältnismäßig hoch; sie beträgt aber nach Angaben des Betriebschefs im Mittel nur 1,6 Wagen. Immerhin scheinen die Erfinder den Mangel, daß die Wagenfolge bei ihrer mechanisierten Bremse nicht so dicht sein kann als bei einer handbedienten Bremse, bereits erkannt zu haben, denn sie haben versucht, ihm wenigstens teilweise dadurch abzuhelfen, daß sie die isolierte Strecke, die zur Ankündigung eines Wagens und zum Schutze des Apparates vorhanden ist, bei den neueren Ausführungen unterteilt haben.

Versucht man, sich die Verhältnisse einmal rechnerisch klar zu machen, so ergibt sich folgendes Bild:

Angenommen, die isolierte Strecke ist 30 m lang und der Wagen läuft mit einer Geschwindigkeit von 5 m/Sek. in die Bremse ein, durchläuft die ersten 18 m ungebremst und erfährt in den letzten 12 m eine Abbremsung von 5 auf 2 m/Sek., so berechnet sich die kürzeste Wagenfolgezeit wie folgt:

Durchlauf vom Anfang der isolierten Strecke bis zum Hemmschuh: $\frac{18}{5}$ = 3,6 Sek.

„ der Bremsstrecke (mittlere Geschwindigkeit $\frac{5+2}{2}$): . . . . $\frac{12}{3,5}$ = 3,4 Sek.

Schaltdauer (Auflösen der Sperre, Einschalten des Motors) . . . . = 1,0 Sek.

Rückweg des Schlittens mit 3 m/Sek. Geschwindigkeit unter der Annahme, daß der nächste Bremsweg wiederum 12 m beträgt: . . . . $\frac{12}{3}$ = 4,0 Sek.

zulässig kleinste Wagenfolgezeit . . = 12,0 Sek.

Dieser Wert ist außerordentlich hoch. Auf Bahnhöfen mit langen Randweichenstraßen (Dresden-Friedrichstadt, Chemnitz-Hilbersdorf, Nürnberg) würde bei dieser Wagenfolgezeit die Leistungsfähigkeit stark sinken.

Die Unterteilung der isolierten Strecke in zwei Abschnitte von je 15 m Länge bringt in dieser Beziehung eine gewisse Verbesserung, wenn die Bremswege unter 13 m liegen. (Zweite isolierte Strecke von 15 m vermindert um rund 2 m Entfernung des Begrenzungskontaktes von der ersten isolierten Strecke.) Die Wagenfolge würde sich für diesen Fall unter gleichen Annahmen wie folgt berechnen:

Durchlauf vom Anfang der zweiten isolierten Strecke bis zum Hemmschuh . $\frac{3}{5} = 0{,}6$ Sek.

Durchlauf der Bremsstrecke (mittlere Geschwindigkeit $\frac{5+2}{2}$) . . . . $\frac{12}{3{,}5} = 3{,}4$ Sek.

Schaltdauer . . . . $= 1{,}0$ Sek.

Rückweg des Schlittens . . . . $\frac{12}{3} = 4{,}0$ Sek.

zulässig kleinste Wagenfolgezeit . . 9,0 Sek.

Zusammenfassend ist also zu sagen, daß die Leistungsfähigkeit einer mit Nordbahnbremsen ausgerüsteten Ablaufanlage davon ungünstig beeinflußt wird, daß die zulässig kleinste Wagenfolgezeit ein bestimmtes Maß nicht unterschreiten darf.

Bei der Südbahnbremse wird der Hemmschuh abseits von der Bremsschiene zurückgeführt und von der Seite her eingelegt. Dies schafft wesentlich günstigere Verhältnisse. Einmal können dadurch die zahlreichen Sicherungen, die bei der Nordbahnbremse notwendig sind, entfallen, und zum anderen ist, wenigstens was das Trennen sich dicht folgender Wagen anlangt, die Wagenfolge in keiner Weise begrenzt. Eine Begrenzung tritt nur dadurch ein, daß nur ein Hemmschuh verwendet wird, so daß die folgende Bremsung immer erst nach Rückkehr des Hemmschuhes möglich ist. Die kürzeste Zeitspanne zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abbremsungen berechnet sich unter der Annahme, daß ein Wagen in die 7,5 m lange Bremse mit 5 m/Sek. ein- und mit 3 m/Sek. ausfährt, etwa wie folgt:

Bremsweg $\left(\text{mittlere Geschwindigkeit } \frac{5+3}{2}\right) \frac{7{,}5}{4} = 1{,}9$ Sek.

Zeitdauer zwischen Ende des Bremsvorganges und Rückführung des Hemmschuhes . . . . $= 1{,}5$ Sek.

Rückführung (schätzungsweise mit 5 m/Sek.) . . . . $\frac{7{,}5}{5} = 1{,}5$ Sek.

Auflegen des Hemmschuhes . . . . . . $= 1{,}5$ Sek.

6,4 Sek.

Bei der 4,5 m langen Bremse verringert sich diese Zeit auf 5 Sek.

Hieraus läßt sich ohne weiteres auch berechnen, daß bei einer größeren Gruppe eine mehrmalige Bremsung möglich ist. Der Erfinder gibt an, daß eine Gruppe von drei Wagen mindestens zweimal abgebremst werden kann.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß eine mit Südbahnbremsen ausgestattete Ablaufanlage in bezug auf die Wagenfolge leistungsfähiger ist als eine solche mit Nordbahnbremsen. In beiden Fällen wird aber die bei Handbedienung mögliche Leistungsfähigkeit nicht erreicht.

Zu c) Erhöhung der Sicherheit für Bedienungsmannschaft, Wagen und Ladungen.

In den französischen Veröffentlichungen wird dieser Wunsch immer als ein Hauptgrund für die Mechanisierung der handbedienten Hemmschuhbremsen hervorgehoben. Es ist notwendig, hierauf näher einzugehen.

Bei der handbedienten Hemmschuhbremse treten persönliche Unfälle in der Hauptsache dann auf, wenn der Wärter den Hemmschuh erst im letzten Augenblick auflegt. Dies ist aber bei weitem nicht in dem Umfange notwendig, als es heute noch auf den meisten Verschiebebahnhöfen geschieht. Man muß zwei Fälle unterscheiden:

Das Auflegen des Hemmschuhes bei gewöhnlicher Wagenfolge und das Trennen von Wagen, die sich eingeholt haben.

Auf vielen Bahnhöfen legt der Bremswärter den Hemmschuh erst dann auf, wenn er sich aus den oben angegebenen



Abb. 13. Handbediente Hemmschuhbremse. Der Bremswärter legt den Hemmschuh mit dem Drahthaken auf.

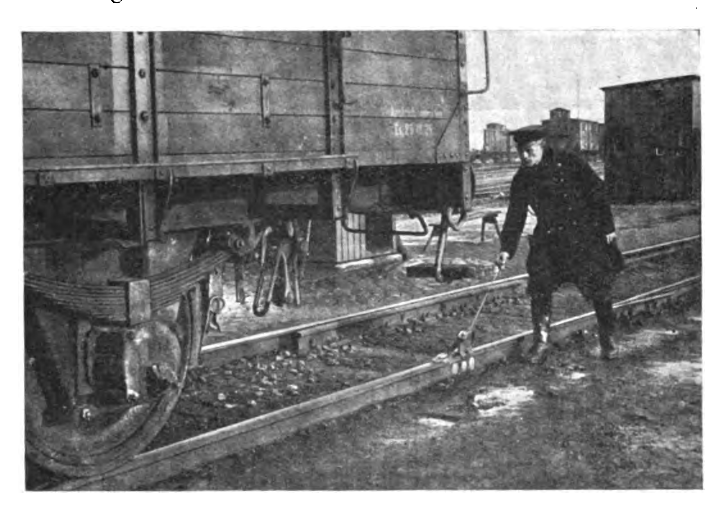


Abb. 14. Handbediente Hemmschuhbremse. Der Bremswärter verändert den Bremsweg mittels des Drahthakens.

Größen ein Bild über die Länge des Bremsweges gemacht hat, was immer erst kurz vor Ankunft des Wagens möglich ist. Dieses Verfahren ist falsch und führt, weil es viel geübt wird, zu vielen Unfällen. In Dresden-Friedrichstadt wird darauf gehalten, daß die Bremswärter den Hemmschuh möglichst nicht von Hand, sondern mit einem Drahthaken auflegen und auf der Bremsschiene vorschieben (Abb. 13). Sie behalten den Hemmschuh mittels des Drahthakens in der Hand und können auf diese Weise, ohne selbst gefährdet zu sein, den Bremsweg bis zum letzten Augenblick verändern (Abb. 14). Die Einführung dieses Verfahrens in Dresden-Friedrichstadt und seine Einführung auf anderen Bahnhöfen bereitete an-

fänglich große Schwierigkeiten, da die Hemmschuhleger aus Bequemlichkeit immer wieder auf das frühere Verfahren zurückgriffen, die Schuhe mit der Hand aufzulegen. Es ist dringend erwünscht, das Auflegen und Verschieben des Hemmschuhes mit Drahthaken wenigstens auf den Bahnhöfen, die den sächsischen Hemmschuh mit Gelenksohle haben, als unfallverhütende Maßnahme tatkräftig durchzusetzen. Bei Hemmschuhen mit starrer Sohle ist das Auflegen mit Drahthaken schwieriger. Immerhin braucht hierbei der Hemmschuh mit der Hand nur aufgelegt zu werden, während seine Lage dann mit dem Haken verändert werden kann, so daß dieser Punkt als Ursache für persönliche Unfälle ausscheidet. Weit ungünstiger liegen dagegen die Verhältnisse beim Trennen dicht aufeinanderfolgender Wagen. Dazu kann der Wärter nicht mit dem Drahthaken arbeiten, sondern er muß den Hemmschuh mit der Hand einlegen (Abb. 15). Dies geschieht eigentlich immer unter Lebensgefahr. Hier ist Abhilfe dringend erforderlich. Es ist möglich, daß der kippbare Hemmschuhaufleger, der zur Zeit in Dresden-Friedrichstadt probeweise eingebaut ist, in dieser Richtung als unfallverhütende Einrichtung von großer Bedeutung wird (Abb. 16).

Bremsposten in nicht zu großer Entfernung vorhanden sind, so daß bei einem Versager in der einen Bremse die nächste Bremse noch einwandfrei arbeiten kann. Auf Ablaufanlagen mit handbedienten Bremsen ist also die Zahl der persönlichen und sächlichen Unfälle von der Kopfbemessung und der örtlichen Kräfteverteilung in hohem Maße abhängig.

Bei der Nordbahnbremse sind persönliche Unfälle ausgeschlossen, da keine Handbremswärter mehr vorhanden sind. Wenn in bezug auf die sächlichen Unfälle tatsächlich eine Verminderung eingetreten ist, so kann dies wohl nicht auf die Mechanisierung der Bremse, sondern (wie oben bereits erwähnt) nur darauf zurückgeführt werden, daß früher wegen zu geringer Besetzung die erforderliche Anzahl von Abbremsungen überhaupt nicht vorgenommen werden konnte.

Die oben näher erörterte Tatsache, daß bei der Nordbahnbremse eine Bremsung überhaupt nur stattfinden kann, wenn die Wagenfolgezeit größer als 12 bzw. 9 Sek. ist, muß bei starkem Betriebe zu einer größeren Zahl von Unfällen führen. Es wird häufig vorkommen, daß ein Gutläufer einen Schlechtläufer einholt und auf ihn aufstößt, da keine Möglich-



Abb. 15. Handbediente Hemmschuhbremse. Auflegen des Hemmschuhes zum Trennen dicht aufeinander folgender Wagen.

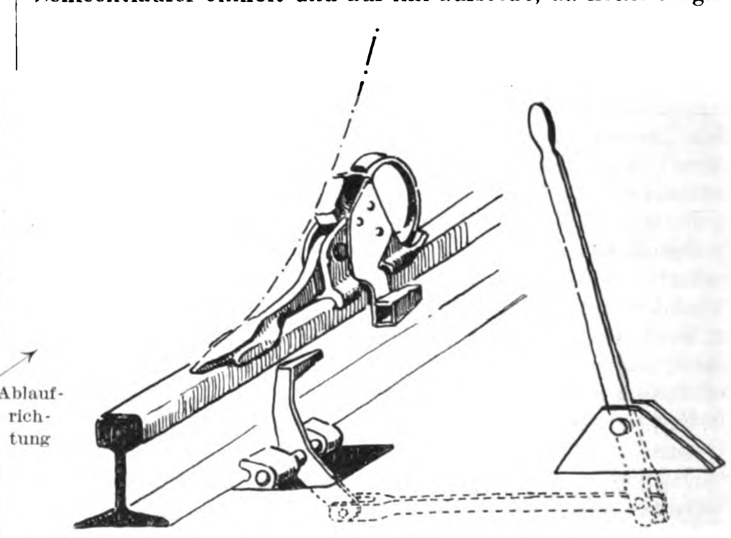


Abb. 16. Kippbarer Hemmschuhaufleger.

Aus Vorstehendem geht hervor, daß die Hemmschuhleger an der handbedienten Bremse nur bei einzelnen, im Betriebe verhältnismäßig selten vorkommenden Arbeitshandlungen tatsächlich gefährdet sind. Wenn bei den französischen Bahnen der unfallverhütende Wert der mechanisierten Bremsen immer wieder in den Vordergrund gestellt wird, so ist das wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß früher einem Bremswärter immer eine große Anzahl handbedienter Bremsen zugeteilt war, wodurch der Arbeitsanfall so groß wurde, daß der Wärter die Hemmschuhe immer erst im letzten Augenblick auflegen konnte. Dieses Verfahren mußte selbstverständlich Unfälle mit sich bringen.

Sachschäden an Wagen und Ladungen können bei der handbedienten Hemmschuhbremse eintreten, wenn überhaupt keine Bremsung vorgenommen wird (Leutemangel), wenn die Bremsung nicht ausreichend ist, wenn der Hemmschuh weggeschleudert oder übersprungen wird, endlich wenn ein Wagen in der Bremse sitzen bleibt. In den ersten drei Fällen läuft der Wagen beschleunigt bis zur nächsten Bremsstelle weiter, und es besteht dann die Gefahr, daß er hier infolge der größeren Geschwindigkeit den Hemmschuh wegschleudert und daß dadurch ein starker Aufprall auf die bereits im Gleise stehenden Wagen eintritt. Im letzten Falle kann der sitzengebliebene oder der auflaufende Wagen beschädigt werden, wenn nicht rechtzeitig gedeckt wird. Sachschäden können in der Regel vermieden werden, wenn genügend viele

keit besteht, ihn aufzuhalten. Wenn die Verhältnisse im Bahnhof Lille nach Einbau der mechanisierten Bremsen in dieser Beziehung so wesentlich besser geworden sind wie a. a. O. angeführt wird, so läßt das darauf schließen, daß die Zahl der sächlichen Unfälle früher prozentual größer gewesen sein muß als auf den deutschen Bahnhöfen.

Bei der Südbahnbremse sind persönliche Unfälle ebenfalls ausgeschlossen, da der örtliche Bremswärter fehlt. Bezüglich der sächlichen Unfälle liegen die Verhältnisse wesentlich günstiger als bei der Nordbahnbremse, da die kürzeste Wagenfolgezeit erheblich geringer ist (6,4 bzw. 5 gegen 12 bzw. 9 Sek.) und weil die Möglichkeit besteht, wenigstens die zweite oder dritte Achse sicher abzubremsen, wenn die erste Achse nicht abgebremst werden konnte. Es kann somit wohl immer verhütet werden, daß Wagen sich einholen. Die Tatsache, daß es möglich ist, den Hemmschuh ohne jede Gefährdung des Bremswärters von der Seite her auch vor die zweite oder eine der folgenden Achsen vorzulegen, bedeutet einen wesentlichen Vorteil gegenüber der handbedienten Bremse.

Wichtig ist in diesem Zusammenhange bei beiden Bremssystemen auch die Beurteilung der Frage der sog. Hemmschuhversager. Angeblich sollen Hemmschuhversager weder in Lille noch in Bordeaux vorkommen, während sie bei handbedienten Bremsen trotz sorgfältigster Verhütungsmaßnahmen, wie Schmieren und Anwärmen der Hemmschuhe, Schmieren der Bremsschiene usw. nicht zu vermeiden sind. Die restlose

Klärung dieser Frage ist für die weitere Entwicklung der mechanisierten Hemmschuhbremse in Deutschland von ausschlaggebender Bedeutung.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß die mechanisierten Bremsen der handbedienten Bremse zwar in der Verhütung persönlicher Unfälle überlegen sind, daß sie sich aber in bezug auf Zahl und Umfang sächlicher Unfälle bei starkem Betriebe voraussichtlich wesentlich ungünstiger erweisen werden als die Handbremsen.

Zu d) Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes.

Die ersten drei Punkte: Steigerung der Bremswirkung, Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Ablaufberges und Verminderung der persönlichen und sächlichen Unfälle haben keine Begründung für die Einführung mechanisierter Bremsen an Stelle handbedienter Hemmschuhbremsen bringen können. Es bleibt damit die Wirtschaftlichkeit als Hauptpunkt übrig.

Leider war es nicht möglich, für die Nordbahnbremse genaue Kostenangaben zu erhalten, weil bisher nur Versuchsausführungen gebaut waren, deren Kosten nicht als Regelpreis angesehen werden dürfen. Wöhrl gibt a. a. O. die Kosten für eine Nordbahnbremse mit 2 bis 3000 ℛℳ für einen Apparat an. Es wird kaum möglich sein, die Bremse für diesen Preis einschließlich aller zugehörigen Einrichtungen und Apparate (Stromlieferungsanlage, Bremsturm usw.) betriebsfertig zu bauen, zumal in Deutschland schon die Löhne wesentlich höher sind. Man wird alles in allem die Nordbahnbremse nicht viel unter 7500 ℛℳ betriebsfertig herstellen können.

Die Kosten einer Südbahnbremse betragen nach Angaben von Cadis etwa 14000 Papierfrancs für einen Apparat, wobei alle Kosten für den Motor, für den Bremsturm, für Kanalisation usw. enthalten sein sollen. Rechnet man diesen Betrag nicht nur nach der Währung, sondern nach den tatsächlichen Lohnkosten um, so dürfte auch die Südbahnbremse in Deutschland kaum unter 3000 bis 3500 ℛℳ zu bauen sein.

Für eine Wirtschaftlichkeitsberechnung ist die Frage von ausschlaggebender Bedeutung, wieviel Handbremsen in einem Turme zusammengefaßt werden können. Die Entscheidung hängt davon ab, welche Arbeit ein Bremswärter bei einer Bremsung zu leisten hat und wie häufig sich die einzelnen Bremsungen folgen. Oben ist ausgeführt, daß die geistigen und mechanischen Tätigkeiten bei der Nordbahnbremse erheblich größer sind als bei der Südbahnbremse, so daß die Zahl der bei einem Posten zusammenfaßbaren Nordbahnbremsen geringer sein muß als die der Südbahnbremsen.

Im Bahnhof Lille werden insgesamt 63 Bremsen eingebaut, wodurch die elf Hemmschuhleger auf drei Bremswärter in der Schicht vermindert werden sollen. Der Versuch, aus diesen Zahlen eine Wirtschaftlichkeitsbegründung aufzustellen, schlägt fehl, wie folgende Überlegung zeigt:

Früherer Zustand, jährliche Betriebskosten:

3 × 11 Bremser + 12% = 37 Mann zu 2500 ℛℳ	= 92 500 ℛℳ

Neuer Zustand, jährliche Betriebskosten:

3 × 3 Bremswärter + 12% = 10 Mann zu 2500 ℛℳ	= 25 000 ℛℳ
3 × 1 örtliche Hilfkraft + 12% = rund 3,5 Mann zu 2500 ℛℳ . . . (zur Handbedienung bei ausgeschalteten Apparaten, zur Auswechselung von Hemmschuhen usw.).	= 8 800 ℛℳ
3 × 1 Mechaniker zur Überwachung und Instandhaltung der Apparate zu 3000 ℛℳ	= 9 000 ℛℳ
Verzinsung und Tilgung von 63.7500 = 472500 ℛℳ zu 15% . . .	= 71 000 ℛℳ
Betriebskosten, geschätzt	= 5 000 ℛℳ
	118 800 ℛℳ

An dem Ergebnis wird nicht viel geändert, wenn man auch die Herstellungskosten etwas niedriger ansetzt. Erst wenn der Preis einer Bremse unter 5000 ℛℳ herabgeht, sind die Kosten im alten und neuen Zustand etwa gleich. Könnte man die Bremse tatsächlich für 3000 ℛℳ bauen — wie Wöhrl angibt —, so würde eine Ersparnis von 17000 ℛℳ eintreten, der die unter a) bis c) behandelten Nachteile gegenüberstehen. Diese Ersparnis wiegt aber die Nachteile nicht auf. Es müssen also noch andere Gründe für die weitgehende Einführung der mechanisierten Bremsen gesprochen haben, und zwar scheint die Verminderung der sächlichen Schäden von ausschlaggebender Bedeutung gewesen zu sein. Kaempf gibt a. a. O. für Lille die wöchentlichen Beschädigungskosten vor Einführung mechanisierter Bremsen zu 3000 Papierfrancs an, das sind rund 26000 ℛℳ in einem Jahre. Diese Zahl ist verhältnismäßig hoch, namentlich wenn man bedenkt, daß hierin doch nur ein Teil der tatsächlich entstandenen Kosten steckt. Wahrscheinlich wären die sächlichen Unfälle geringer gewesen, wenn die Zahl der Hemmschuhleger größer gewesen wäre.

Für die Südbahnbremse kann mangels Unterlagen auch eine überschlägige Wirtschaftlichkeitsberechnung nicht aufgestellt werden; sie muß aber etwas günstiger ausfallen, da die Apparate in der Herstellung und Unterhaltung sicher billiger sind als die Nordbahnbremse.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß auch die Beurteilung vom wirtschaftlichen Standpunkte aus kein besonders günstiges Ergebnis hat.

C. Schlußfolgerungen.

Das Ergebnis der vorstehenden Untersuchung läßt sich wie folgt zusammenfassen:

In betrieblicher Hinsicht ist die handbediente Hemmschuhbremse der mechanisierten Bremse nach Bauart Deloison oder Cadis unbedingt überlegen, sofern eine dem Arbeitsanfall entsprechende Besetzung vorhanden ist.

Vom sicherheitlichen Standpunkte bieten mechanisierte Bremsen der Bedienungsmannschaft unbedingten Schutz. Bei handbedienten Bremsen kann die Zahl persönlicher Unfälle durch eine bessere Erziehung der Beteiligten und durch Einbau von Hilfseinrichtungen zum Auflegen von Hemmschuhen zwischen dicht aufeinanderfolgenden Gruppen auf ein Mindestmaß gebracht werden. Gegen sächliche Unfälle bieten — ausreichende Kopfbemessung vorausgesetzt — handbediente Bremsen unbedingt einen größeren Schutz als mechanisierte, da ein Mann an Ort und Stelle in schwierigen Lagen viel mehr zur Verhütung eines Unfalles beitragen kann als ein Bremswärter auf einem hohen Bremsturm.

In wirtschaftlicher Beziehung ist vor übertriebenen Hoffnungen zu warnen. Jedenfalls sollten vor Einführung mechanisierter Bremsen auf einem Bahnhofe genaue Wirtschaftlichkeitsberechnungen aufgestellt werden, bei denen die Eigenart des Bahnhofs, die Höhe des Berges und die dadurch bedingte Geschwindigkeit der Wagen, die Gleisentwicklung, die Laufwege und -widerstände sowie die Lage der Bremsen und die im Durchschnitt geringere Bremswirkung mechanisierter Bremsen genau zu berücksichtigen sind.

Vom technischen Standpunkte aus befriedigen beide Lösungen nicht restlos. Der ungünstige Einfluß der Hemmschuhführung auf die Wagenfolge bei der Nordbahnbremse und der immer gleiche Bremsweg bei der Südbahnbremse müssen gegenüber der handbedienten Bremse als wesentliche Nachteile bezeichnet werden. Von beiden Bremsarten steht die Nordbahnbremse technisch wohl höher, da sie eine feinstufige Regelung der Bremsarbeit gestattet. Die Südbahnbremse muß dagegen wegen der unabhängigen Bremsschuhrückführung und der seitlichen Einführung des Hemmschuhes

— praktische Bewährung im Dauerbetriebe vorausgesetzt — im Gegensatz zu dem Urteil von Wöhrl für den Betrieb wohl brauchbarer sein.

Für weitere Versuche, die Handbedienung einer Hemmschuhbremse zu mechanisieren, müssen folgende Forderungen aufgestellt werden:

1. Die Bremse muß in der baulichen Anlage und in der Bedienung möglichst einfach sein.
2. Die Bremse muß betriebssicher arbeiten. Versager müssen ausgeschlossen sein, weil sie an den Hauptbrennpunkten des Ablaufberges von unübersehbaren Folgen sein können.
3. Das Sitzenbleiben von Wagen auf dem Hemmschuh in der Bremse muß unbedingt ausgeschlossen sein.
4. Die Unterhaltung der Bremse muß möglichst wenig Arbeit erfordern.
5. Die Bau- und Betriebskosten der Bremse müssen möglichst gering sein.
6. Der Hemmschuh muß unabhängig von der Bremsschiene zurückgeführt werden.
7. Der Hemmschuh muß von der Seite her eingelegt werden, so daß das Trennen dicht aufeinanderfolgender Wagen unbedingt möglich ist.
8. Der Bremsweg muß veränderlich sein.

Alles in allem bedeuten die vorstehend besprochenen Versuche, die Hemmschuhgleisbremsen fernbedienbar zu machen, keinen großen technischen Fortschritt. Der Hemmschuh ist für die Eisenbahn ein unendlich wertvolles und praktisch unbedingt brauchbares, aber trotz alledem ein einfaches Hilfsmittel, das seine außerordentlich große Verwendung nicht allein seinen technischen Vorzügen, sondern vor allem der Tatsache verdankt, daß es nicht an einen festen Ort gebunden ist, und ohne Veränderung an jeder Stelle eines Bahnhofs ohne weiteres benutzt werden kann, wenn der Bedienende zuverlässig und sorgfältig arbeitet. Bei dem Versuche, den Bedienungsvorgang fernbedienbar zu machen, wird der denkende und handelnde Mensch, dem bei einem Bremsvorgang die Hauptaufgabe zufällt, vom Orte der Handlung entfernt. Dies bringt Nachteile, die die allgemeine Brauchbarkeit dieses Hilfsmittels beschränken, und zwar auf die Stellen, an denen zwar auch eine Abbremsung notwendig ist, die aber betrieblich nicht sehr belastet sind, wie z. B. am Anfang der Richtungsgleise. Als Hauptbremsen am Fuße der Ablauframpe dürften mechanisierte Hemmschuhbremsen — soweit die Entwicklung übersehen werden kann — nicht brauchbar sein; die Mechanisierung des Bremsvorganges an dieser Stelle ist anderen Bremssystemen vorbehalten.

Verschiebetechnik.

Die Studiengesellschaft für Rangiertechnik (Stugera) hat als Heft 10 der „Verkehrstechnischen Woche" ihr zweites Sonderheft über Rangiertechnik herausgegeben, das den stattlichen Umfang von 58 Seiten aufweist und mit zahlreichen Abbildungen ausgestattet ist. Den Abhandlungen vorangestellt ist der Jahresbericht der Stugera und die Berichte der Sonderausschüsse über ihre Arbeiten auf dem Gebiet der Ab- und Beidrückanlagen, der Bremsmittel und der Profilgestaltung, der Weichenbedienung und der Verständigungsmittel, sowie über Auslandserfahrungen.

Die Abhandlungen entstammen der Feder führender Fachleute und sind fast ausnahmslos technischen Inhalts. Ein Bericht über „Die Seilablaufanlage auf dem Verschiebebahnhof Dresden-Friedrichstadt" erläutert die Gründe und die allgemeinen Vorbedingungen für die Errichtung einer solchen Anlage, er beschreibt die einzelnen Teile in ihrer Wirkungsweise und schildert den Bedienungsvorgang und die mit der Anlage gemachten guten Erfahrungen. In einem weiteren Aufsatz ist der Beschleunigungsantrieb Bauart Pösentrup-Heinrich nach Bauart und Wirkungsweise beschrieben. Eine Abhandlung „Über den Einfluß der Abbremsung auf die Wagenfolgezeiten" untersucht die größtmögliche Abdrückgeschwindigkeit, die aber, wie der Verfasser selbst zugibt, hauptsächlich theoretische Bedeutung hat und bei Abbremsung auf gleiche Geschwindigkeit am Ende der Gefahrzone nahezu erreicht ist. Der gleichen Frage ist eine Abhandlung: „Beziehungen zwischen Bremsmaß eines Gutläufers und erzielbarer Abdrückgeschwindigkeit" gewidmet. Ein Aufsatz über die „Beanspruchung der Wagenachsen in Gleisbremsen" bringt die Frage vorläufig abschließend, ein für die Praxis geeignetes Rechnungsverfahren. „Die Wirbelstromgleisbremse auf dem Verschiebebahnhof Magdeburg-Buckau", die sich bereits seit 15. November vorigen Jahres im Dauerbetrieb bestens bewährt hat, ist einschließlich der auf dem Prüffeld der Siemens-Schuckert-A. G. vorgenommenen Vorversuche in allen Einzelheiten beschrieben. Einen breiten Raum nimmt die Darstellung der „Entwicklung der automatischen Ablaufeinrichtungen in den letzten drei Jahren" ein. Rund 14 Anlagen sind der im Jahre 1925 erbauten Anlage in Hamm inzwischen gefolgt, mit wenigen Ausnahmen alle in Deutschland. Soweit sie gegen die früheren Ausführungen Neuerungen oder Besonderheiten aufweisen, sind diese dargestellt. Nach einer kurzen Betrachtung: „Einiges über das Beidrücken", in der die Erprobung einer Beidrückanlage mit Einholschlitten empfohlen ist, sind zum Abschluß ausführlich die für die Stugera in der aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen ausgeführten „Versuche zur Ermittlung der Luftwiderstände von Eisenbahnfahrzeugen" beschrieben. Die Modellversuche haben die bisherigen Zahlen als Durchschnittswerte bestätigt, ergeben aber als Höchstwerte je nach dem Anblaswinkel Beträge, die bis zu 44 v. H. höher sind.

Sp.

Verschiebung von Wagen mittels Schleppers.

Ein Personenwagenausbesserungswerk der Boston und Maine Eisenbahn hat zum Verschieben von Wagen Schlepper in Verwendung genommen. Das Werk besteht aus zwei Hallen, zwischen denen eine Schiebebühne liegt. Wenn die Wagen in einer Halle fertiggestellt sind, werden sie zur Anstricherneuerung in die andere Halle verbracht. Eine Gruppe von fünf Mann war damit beschäftigt die Wagen mittels eines 150 m langen Seiles und der Verholwinde auf der Schiebebühne zu und von den Ständen in den beiden Hallen zu bringen. Zeitstudien ergaben, daß der Vorgang mittels Motorschleppers wesentlich kürzer zu gestalten war, insbesondere nachdem der Fristplan so gestellt worden war, daß alle auf dem gleichen Ausbesserungsgleis stehenden Fahrzeuge gleichzeitig abgezogen werden konnten.

Der verwendete Motorschlepper besitzt zur Erhöhung der Zugkraft eine starke Übersetzung und einen besonders kräftigen Rahmen für rauhen Dienst. Die Gleise außerhalb der Hallen wurden mit starken Bohlen ausgelegt, um dem Schlepper gute Wege zu schaffen. Er schleppt die Wagen in die erste Halle, bringt sie über die Schiebebühne in die zweite Halle und liefert die fertigen Wagen auf das Abnahmegleis. Die Zugkraft reicht mühelos für drei Wagen aus. Der Schlepper wird auch zum Fortbewegen von Radsätzen und für verschiedene andere Zwecke verwendet.

Eb.



Die halbautomatische Rangierbremse.

Von Dr. Ing. **Ewald Hering,** Hermsdorf b. Berlin.

Wie allgemein im Verkehr, so wächst auch auf den Rangierbahnhöfen der Reichsbahn die Betriebssicherheit mit der Güte und Vollkommenheit der Bremsen. Aus dieser Erkenntnis heraus wurden für den Rangierbetrieb eine Reihe Bremsmittel ausgebildet, um vom Gleise aus den freilaufenden Wagen abbremsen zu können. Neben der einfachsten Bremseinrichtung, dem Hemmschuh, der den Wagen bis zum Stillstand abbremst, sind verschiedene Gleisbremsen in Betrieb genommen worden in dem Bestreben, den Bremsvorgang beliebig nach Wunsch und Erfordernis unterbrechen zu können. Diese Bremsen stellen teils mechanisierte Hemmschuhe, teils Backenbremsen dar, die durch Anpressen von Bremsschienen an die Radflanken oder durch elektromagnetische Bremswirkung die Wagen fassen und abbremsen. Beide Arten sind in erster Linie zur Unterstützung des Ablaufbetriebes gedacht.

Was ist denn eigentlich beim Ablaufbetrieb das erstrebenswerte Ziel? Doch in erster Linie das, die anfallenden Züge so rasch und sicher wie möglich über den Berg zu führen und in die Richtungsgleise zu verteilen, also die in kurzer Folge vom Ablaufberg herabrollenden Wagen zu jeder Zeit so in der Hand zu haben, daß störende Zwischenfälle schon im Keime erstickt werden können und die Wagen zuverlässig den vorgeschriebenen Standort erreichen. Dies würden etwa auf jedem Wagen mitfahrende Bremser erreichen. Bei Ablauf größerer Wagengruppen wird das auch getan, ist jedoch allgemein wirtschaftlich nicht durchführbar. In zwei Richtungen hat man die Lösung gesucht: Man hat die an den Ablaufberg anschließende Weichenzone dicht mit Gleisbremsen belegt, die, wenn auch nicht fortlaufend, so doch mit nur kurzen Unterbrechungen die Laufregelung der Wagen ermöglichen. Zweitens ist der störungsfreie Lauf der Wagen in der Weichenzone bei Bäselers zwangsläufigem Ablauf gegeben.

In beiden Fällen jedoch dienen die Anlagen nur der Erfassung der Weichenzone, die erst eigentlich produktive Tätigkeit des kuppelreifen Zusammensetzens der Wagen in den Richtungsgleisen wird dadurch nicht erfaßt Das erfolgt noch, wie seit Jahrzehnten, durch Abbremsen mit dem Hemmschuh und Zusammendrücken der dabei zwischen den Wagen entstehenden großen Lücken. Man beschränkte sich darauf, besondere Einrichtungen zum Zusammendrücken auszubilden.

Wir hatten gesehen, daß ein mitfahrender Bremser den Wagen an der richtigen Stelle zum Halten bringen kann, also das Hemmschuhlegen und das Beidrücken ersparen würde. Könnte man die Wagenbremsen aus der Ferne von einer Zentralstelle aus betätigen, eine mögliche Lösung der Zukunft, so ließe sich dasselbe erreichen. Der Verfasser schlägt nun vor, den Mittelweg zu gehen, und zwar den einzelnen Wagen besondere, fernsteuerbare Bremsen mit auf den Weg zu geben, durch die die Wagen in die Hand einer Zentralstelle kommen und nun in der gewünschten Weise geführt werden können.

Grundsätzlich läßt sich das folgendermaßen erreichen:

Ein auf dem Gleis geführter Bremsmagnet erfaßt den abrollenden Wagen und bewegt sich mit ihm vorwärts. Der fernsteuerbare Bremsmagnet ermöglicht es dann, den Wagen an jedem beliebigen Punkte mit größter Genauigkeit zum Stehen zu bringen. Nach erfolgter Abbremsung kehrt der Bremsmagnet zurück und erfaßt den nächsten Wagen.

Diesem Grundgedanken entspricht die grundsätzliche Ausführungsform. In Abb. 1 ist sie wiedergegeben.

Zwischen den Schienen verläuft ein Eisenband, auf dem ein Bremsmagnet gleitet, dessen Pole gegen das Eisenband zu gerichtet sind. Wir wollen ihn „Bremshund" nennen. Der Strom wird ihm durch Stromschienen zugeführt, die gut geschützt unter dem Eisenband liegen. Zur Übertragung der Bremskraft auf die Achse sind an der Stirnseite des Bremshundes zwei um einen gemeinsamen Zapfen horizontal drehbare Flügel angebracht, die mit ihren Enden über die Schienen reichen. Dort tragen sie kleine, 130 mm hohe Böcke, die sich gegen die Spurkränze der heranrollenden Achse legen (Abb. 2). Der gemeinsame Drehpunkt dieser beiden Flügel ist als elektromagnetische Reibungskupplung ausgebildet. Sie legt die Flügel gegeneinander fest, behindert jedoch die gemeinsame Drehung um den Zapfen nicht, so dass, wie an einem Wagebalken, die an den beiden Flügelenden wirkenden Bremskräfte immer im Gleichgewicht sind. Die Bremskraft wird mithin gleichmäßig auf beide Räder verteilt und trifft

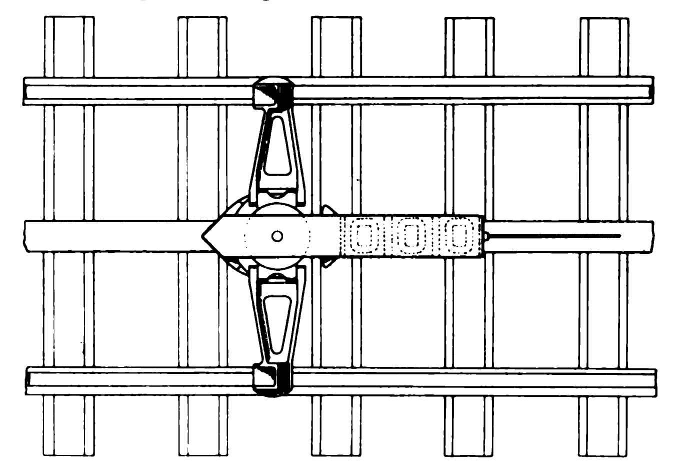


Abb. 1. Bremshund.

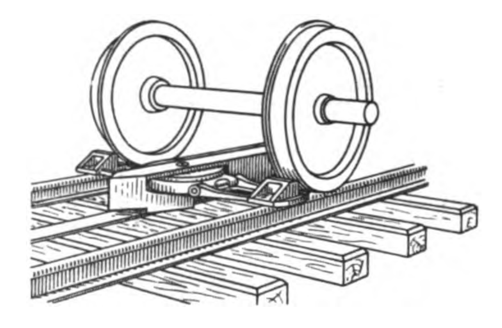


Abb. 2. Lage des Bremshundes vor der Achse.

den Wagen so einwandfrei symmetrisch, wie es weder schwere Gleisbremsen noch Hemmschuhe gewährleisten können.

Nach vollendeter Bremsung legen sich durch Abschalten der Kupplung die Flügel nach vorne zusammen, so daß der Bremshund unter dem Wagen hindurch zurückgeholt werden kann.

Die Mechanik des Bremshundes.

Die Wirkungsweise des Bremshundes ist mit keinem bisher üblichen Bremsmittel vergleichbar, es ist daher zum Verständnis der Verwendungsfähigkeit notwendig, zuerst die mechanischen Vorgänge zu klären. Hierbei ist im wesentlichen zu unterscheiden zwischen dem Beschleunigungsvorgang bei der Mitnahme des Bremshundes und dem eigentlichen Bremsvorgang.

Das Drehmoment der Magnetkupplung, die die Flügel gegeneinander festlegt, ist so bestimmt, daß die Flügelenden einen bestimmten Raddruck, z. B. je 1250 kg aufnehmen können. Nach diesen 1250 kg richtet sich der Beschleunigungs-

druck der Räder, das heißt, der Bremshund selbst wird mit einer Kraft von 2×1250 kg $= 2500$ kg beschleunigt. Setzt man das Gewicht des Bremshundes mit 250 kg ein, so beträgt die Beschleunigung

$$b = \frac{P}{G/g} = \frac{2500}{250/9{,}81} \simeq 100 \text{ m/sec}^2.$$

Bei Drehung der Flügel um ihre gemeinsame Achse bestreichen ihre Enden einen Teil des Gleises. Dreht man sie bis in die Lage, in der sie die Achsen noch gerade vollkommen erfassen, so haben ihre Enden ein Gleisstück von etwas mehr als 0,5 m überstrichen. Soweit kann demnach die Kupplung unbeschadet des nachfolgenden Bremsvorganges nachgeben, diese 0,5 m stehen daher als Dämpfungsweg beim Gegenlaufen der Achse gegen die Flügel zur Verfügung, das ergibt eine Geschwindigkeit von $v = \sqrt{2.b.s} = \sqrt{2.0{,}5.100} = 10$ m/sek. Bis zu dieser Geschwindigkeit wird also der Bremshund sicher vom Wagen mitgenommen. Wie wir später sehen werden, können die Werte für den Dämpfungsweg, die Kupplungskraft und für das Gewicht noch günstiger in Rechnung gesetzt werden, für den normalen Rangierbetrieb sind aber 10 m/sek. $=$ 36 km/Std. Wagengeschwindigkeit vollkommen ausreichend.

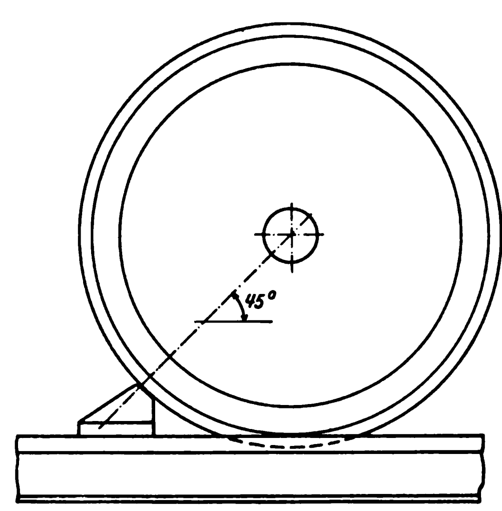


Abb. 3. Lage des Bockes vor dem Rad.

Es fragt sich nun, wie große Bremskräfte durch den Bremshund auf die Achse übertragen werden können, inwiefern die Gefahr besteht, daß die Achse den Bremshund übersteigt, und mit welchen Abnützungserscheinungen zu rechnen sein wird. Zur Beantwortung dieser Fragen ist es unerläßlich, sich eingehender mit den Kräften zu befassen, die zwischen den Böcken des Bremshundes, den Rädern und den Schienen auftreten.

Bei den gegebenen Abmessungen des Rades und einer Bockhöhe von 130 mm ergibt sich, wie Abb. 3 zeigt, geometrisch die radiale Richtung der Kraft zwischen dem Bock und neuen Rädern zu rund 45°; bei abgelaufenen Radkränzen ist der Winkel flacher, also günstiger, etwa 41° gegen die Schiene geneigt. Wir rechnen nur mit dem ungünstigen Fall von 45°. Für den Bock erhalten wir dann die vom Bremsmagnet herrührende, horizontal und gegen die Laufrichtung wirkende Bremskraft B_1, die senkrecht auf den Schienen stehende Auflagerkraft Q_1 mit deren Reibungskomponente $Q_1 . \mu$, und die unter 45° geneigte Druckkraft P zwischen Bock und Rad. Dazu kommt schließlich noch die zwischen Bock und Rad entstehende Reibungskraft, die einstweilen R genannt sei. In Abb. 4 sind diese Kräfte im Krafteck I zusammengesetzt. Das Krafteck II stellt die auf das Rad wirkenden Kräfte dar. P und R sind jetzt gleich groß, aber entgegengesetzt gerichtet, da R, die zwischen Bock und Rad auftretende Reibungskraft, durch eine gleich große, zwischen Rad und Schiene wirkende Kraft im Gleichgewicht gehalten werden muß, tritt sie ein zweitesmal in horizontaler, gegen die Laufrichtung gerichteten Lage im Krafteck II auf. Q stellt die Radlast einschließlich Eigengewicht des Rades dar, Q_2 den restlichen Raddruck zwischen Rad und Schiene und B_2 die resultierende, auf die Achse wirkende Bremskraft.

Die Kraft R entsteht sowohl zwischen Bock und Rad, als auch zwischen Schiene und Rad. Wären beide nicht gleich, so würde am Umfang des Rades in einer Richtung noch ein Kraftüberschuß bleiben, das Rad wäre also nicht mehr im Gleichgewicht. Nun kann R aber sowohl gleich $P . \mu$, entsprechend der Druckkraft P, als auch $Q_2 . \mu$, entsprechend dem restlichen Auflagerdruck Q_2, werden. Es entscheidet nun immer die kleinere Kraft, die andere Reibungskraft wird dann eben nicht voll in Anspruch genommen.

Wir wollen zuerst den Fall $P > Q_2$ untersuchen, also $R = Q_2 . \mu$. In Abb. 5 sind die Kräfte maßstäblich unter Annahme einer Reibungsziffer μ von 0,2 wiedergegeben. Wir können die Kräftepolygone, für beide Räder, gleiche Reibungsziffern vorausgesetzt, auch auf die ganze Achse beziehen, dadurch verdoppelt sich lediglich der Zahlenwert der einzelnen Kräfte. Aus diesem Bilde lassen sich sehr leicht die maßgebenden Verhältnisse ablesen. Wir sehen einmal, wie sich der gesamte Achsdruck durch Q_1 und Q_2 auf Räder und Böcke verteilt. Vor allem erkennen wir aber, daß die resultierende Bremskraft B_2 wesentlich größer ist als die aufgedrückte Bremskraft B_1 der Bremsmagnete. Sie setzt sich aus $B_1 + Q_1\mu + Q_2\mu$ zusammen, worin man für $Q_1 + Q_2$ auch die gesamte Radlast Q setzen kann, und wir bekommen als Ergebnis:

$$B_2 = B_1 + Q\mu.$$

Abb. 4. Kräfte an Bock und Rad.

Abb. 5. Kräftepolygon.

Die Bremskraft ist demnach gleich der von den Bremsmagneten herrührenden Kraft zuzüglich der durch die gesamte Achslast erzeugten Bremskraft der Reibung. Die letztere ist aber die bei der Hemmschuhbremsung auftretende Bremskraft, die halbautomatische Rangierbremse bremst daher mit der Kraft des normalen Hemmschuhs, erhöht um die volle, durch die Bremsmagnete aufgebrachte Bremskraft.

Wir gewinnen durch diese Eigenheit eine Vervielfachung der Bremskraft unter Beibehaltung der selbsttätigen Angleichung an das Wagengewicht und trotzdem eine weitgehende Unabhängigkeit von den Zufälligkeiten der Hemm-

schuhbremsung. Dafür ein kurzes alltägliches Beispiel: Eine Gruppe von drei Wagen von insgesamt 50 t Gewicht laufe bei nassem Wetter mit 6 m/Sek. Geschwindigkeit auf einen Hemmschuh. Das Gewicht der abgebremsten Achse sei 4,5 t, die Reibungsziffer bei schlüpfrigen Schienen 0,1, dann erhält man eine Bremskraft von 0,45 t, eine Verzögerung von 0,08 m/sek.[2] und einen Bremsweg von 200 m. Setzen wir als normale Bremskraft der Bremsmagnete 2 t an, so wird bei Abbremsung der Wagen mit dem Bremshund die Bremskraft 2,45 t, die Verzögerung 0,49 und der Bremsweg 36,8 m. Während im ersten Fall, bei 200 m Bremsweg, die Wagen schon längst auf andere aufgefahren sein können, kommen wir mit der Rangierbremse auf nur $^1/_6$ dieses Bremsweges.

Für den anderen Bereich ($P < Q_2$), das ist der Bereich der kleinen Bremskräfte, wird $R = P.\mu$ und somit $B_2 = B_1 + Q_1\mu + P.\mu$. Die Bremskraft erhöht sich noch immer, ist aber nicht mehr abhängig vom Achsgewicht, was bei hohen Achsdrücken bzw. bei kleinen Bremskräften ja auch vollkommen überflüssig ist.

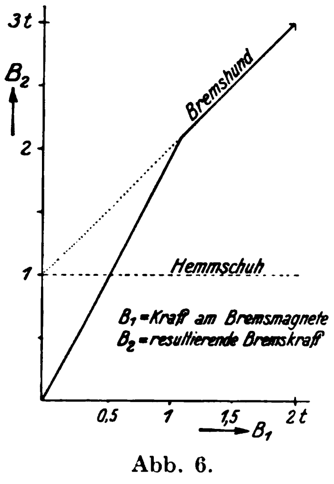


Abb. 6.
Bremskraft-Charakteristik für eine 5 t Achse.

In Abb. 6 ist die resultierende Bremskraft B_2 in Abhängigkeit von der in den Bremsmagneten wirksamen Kraft B_1 für einen 10 t Wagen und eine Reibungsziffer 0,2 wiedergegeben. Gleichzeitig ist zum Vergleich die Bremskraft eines Hemmschuhes eingetragen. Man erkennt den raschen Anstieg der Bremskraft B_2, die dann im Gebiet der halbautomatischen Wirkung langsamer zunimmt, um bei $B_1 = 2$ t den dreifachen Wert der Hemmschuhbremskraft zu erreichen. Noch deutlicher wird die halbautomatische Wirkung in dem Diagramm der Abb. 7 dargelegt, in dem B_2 abhängig vom Achsgewicht aufgetragen ist für eine Magnetkraft $B_1 = 2$ t und die Reibungsziffern 0,16 und 0,2.

Wird schließlich die Erregung der Bremsmagnete ganz abgeschaltet, so läuft der Bremshund unter ganz geringem Widerstand mit dem Wagen mit.

Bei Abbremsung durch einen Hemmschuh kommt es unter gewissen ungünstigen Verhältnissen vor, dass die auflaufende Achse ihn überspringt und entgleist. Es wäre daher zu untersuchen, ob diese Gefahr auch für die Rangierbremse besteht.

Für den Bremsvorgang selbst erhalten wir hierfür wieder aus Abb. 4 Klarheit. Ein Übersteigen rückt offenbar in den Bereich der Möglichkeit, wenn Q_2 gleich Null wird, und dies tritt ein, wenn

$$B_1 = Q - Q.\mu$$

$$\text{oder } B_2 = Q$$

wird. Die Bremsmagnete müßten dazu eine Bremskraft nahezu gleich dem Achsgewicht aufbringen, wobei die Beschleunigungskraft für das Hochdrücken der Achse noch gar nicht berücksichtigt ist. In Abb. 7 ist das Gebiet der Übersteigegefahr durch eine strichpunktierte Linie abgegrenzt. Eine so außerordentlich hohe Bremskraft liegt weit jenseits des praktisch Erforderlichen, und es ist keineswegs schwierig zu verhüten, daß der Grenzwert auch bei der leichtesten Achse durch Zufall nicht überschritten wird.

Beim Gegenlaufen des Wagens gegen den Bremshund ist, im Gegensatz zum Hemmschuh, die Sicherheit gegen das Überspringen noch wesentlich größer. Wenn hier immer der Hemmschuh zum Vergleich herangezogen wird, so sollen damit lediglich die Eigenschaften der Rangierbremse an dem jedem Eisenbahner geläufigen Bremsmittel dem Verständnis nähergebracht werden, betriebsmäßig müßte der Vergleich mit den steuerbaren Gleisbremsen gezogen werden, der jedoch erst nach längeren Betriebserfahrungen zweckmäßig erscheint.

Die drei ausschlaggebenden Unterschiede zwischen der Rangierbremse und dem Hemmschuh sind einmal das sofortige Einsetzen der vollen Bremskraft beim Hemmschuh im Moment des Anlaufens, wodurch ein beginnendes Aufsteigen bis zum vollen Überspringen gesteigert werden kann, während beim Bremshund die Bremskraft der Magnete erst nach völligem Gleichlauf eingeschaltet wird, in der kritischen Zeit der Beschleunigung also gar nicht auftritt. Zweitens verläuft die Drucklinie beim Hemmschuh wesentlich steiler als beim Bremshund, da der Hemmschuh das Rad tiefer trifft. Da die Gefahr des Überspringens mit dem Sinus des Neigungswinkels wächst, genügen beim Hemmschuh wesentlich kleinere Kräfte, um das Rad hochzudrücken. Schließlich erhält das Rad bereits beim Auflaufen auf die Hemmschuhzunge einen aufwärts gerichteten Beschleunigungsstoß, der das Übersetzen über den Bock schon einleitet, während die Räder die Böcke des Bremshundes völlig unvorbereitet treffen. Die Skizzierung dieser Umstände zeigt mit Rücksicht darauf, daß schon beim Hemmschuh das Überspringen der Achse sehr selten auftritt, daß diese Gefahr für die Rangierbremse praktisch ausgeschlossen ist.

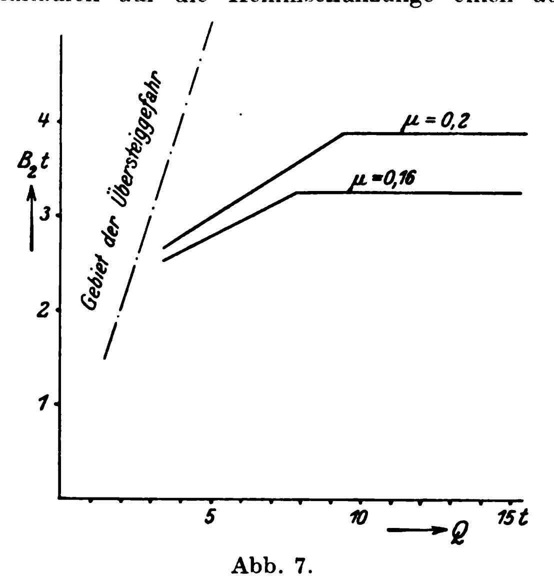


Abb. 7.
Bremskraftverlauf, abhängig vom Achsdruck für $B_1 = 2$ t.

Und nun noch ein kurzes Wort über den zu erwartenden Verschleiß. Da weitaus der größte Teil der Bremskraft elektromagnetisch erzeugt wird, wird der Oberbau einschließlich der Schienen nur sehr geringfügig in Mitleidenschaft gezogen. Die Kraft wird von den Böcken an der Stirnseite des Spurkranzes auf die Achse übertragen. Der Hemmschuh schleift die Lauffläche der Räder ab und beschleunigt so ihre Abnützung, die schweren Backenbremsen erfassen die Seitenflanken und gefährden durch Abnützung der inneren Flanken die Führung in den Herzstücken der Weichen, nur die Stirnseite des Spurkranzes ist, drastisch gesagt, bisher immer zu viel da und muß von Zeit zu Zeit abgedreht werden, um der fortschreitenden Abnützung der Laufflächen Rechnung zu tragen. Es könnte also fast als Gewinn gewertet werden, wenn die Rangierbremse an den Spurkränzen einen geringen Verschleiß erzeugt und damit das periodische Abdrehen etwas hinauszögert. Da der Winkel, unter dem die Böcke anliegen, je nach Geschwindigkeit des Wagens verschieden ist, bleibt eine Abrundung des Spurkranzes immer erhalten.

Konstruktive Durchbildung.

Verschiedenartige Ausbildung der Rangierbremse ergibt sich in der Hauptsache unter dem Einfluß eines Punktes, der bisher noch nicht berührt wurde, nämlich der Rückführung des Bremshundes nach Beendigung der Bremsung. Wurde ein Wagen an der gewünschten Stelle zum Stehen gebracht, so muß der Bremshund rechtzeitig für den nachfolgenden Wagen in Bremsbereitschaft gebracht werden. Grundsätzlich wurden zwei Ausführungsformen durchgebildet, womit aber nicht gesagt sein soll, dass nicht noch an anderen Formen gearbeitet wird, die unter besonderen Bedingungen zweckmäßiger sein können.

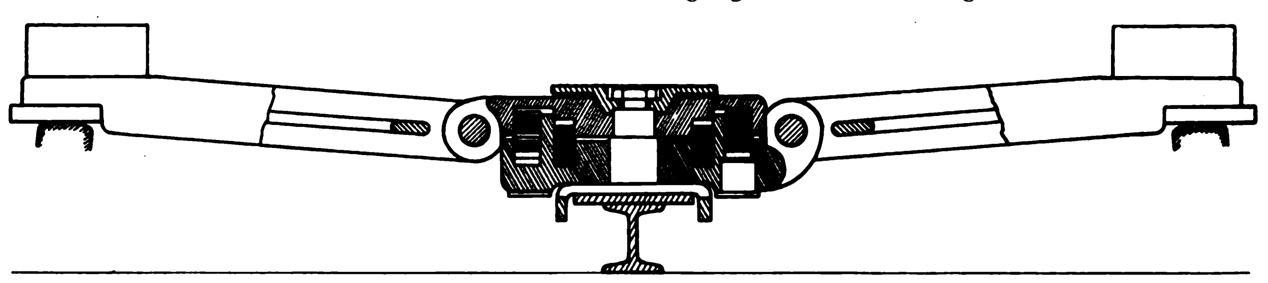


Abb. 8. Querschnitt durch die Kupplung.

Für kurze Baulängen ist ein Seilzug zum Rückholen vorzuziehen, zumal der Bremshund in diesem Falle immer nur am Anfang des Führungsbandes in Bremsbereitschaft gebracht wird. Den sehr einfachen Aufbau dieser Anordnung zeigen Abb. 1 und 2. Abb. 8 bringt einen Querschnitt durch die Kupplung und die Flügel. Diese sind durch Gelenke an die Kupplung angesetzt und können so jede Lage annehmen, ohne dadurch ein Ecken der Kupplung oder des Bremshundes auf dem Eisenband zu verursachen. Wie der Schnitt quer zu den Schienen zeigt, liegt der ganze Bremshund nicht nur für Wagen, sondern auch für Lokomotiven profilfrei, denn auch die Böcke senken sich ab, sobald sie die Schienen verlassen. Die Kupplung selbst ist eine Lamellenkupplung mit verschleißfesten Ferrodo-Asbestos-Ringen, die magnetisch zusammengezogen wird. Der eigentliche Kupplungsdruck wird jedoch erst durch einen Satz weicher Federn erzeugt, wodurch ein sattes Aufeinanderliegen beider Magnethälften möglich wird, die nun mit außerordentlich großer Kraft aufeinanderhaften und gegen die Stöße beim Gegenlaufen des Wagens vollkommen unempfindlich sind. Weiter wirkt ein, im Laufe jahrelangen Betriebes wohl möglicher Verschleiß der Lamellen nur in ganz geringem Maße auf die Größe des Drehmomentes der Kupplung zurück, da sich dabei die Kraft der Federn nur sehr wenig ändert. Diese Kupplung erzeugt so ganz unabhängig von äußeren Einflüssen ein ganz gleichmäßiges Drehmoment, selbst Eis und Frost setzen sie nicht außer Betrieb, da sie durch die Erregerwicklung wirksam geheizt wird. Da beim Abschalten die untere Hälfte abfällt, sind die Lamellen dann vollkommen entlastet und setzten der Bewegung der Flügel nicht den geringsten Widerstand entgegen.

Das Eisenband wird durch ein sehr kräftiges I-Eisen getragen, das auch die Stromschienen führt. Mehrere Stromabnehmer sorgen für zuverlässige Stromzuführung. Der erste Meter der Stromschiene ist vom übrigen Teil isoliert, so daß die Bremskraft erst nach völligem Gleichlauf des Bremshundes mit dem Wagen einsetzt.

Da der Bremshund durch die Dämpfung der Kupplung gleichförmig beschleunigt wird, bekommt auch das an der Rückseite angeschraubte Rückholseil keinen Stoß, sondern macht die gleiche allmähliche Beschleunigung durch. Es wird auf eine von einem Motor mit Schneckentrieb angetriebene Trommel aufgerollt. Diese Trommel ist durch eine eingebaute, nicht ausrückbare Lamellenkupplung mit der Welle verbunden. Da die Welle durch das selbstsperrende Schneckengetriebe während des Bremsens festgehalten wird, hält die Kupplung das Seil immer gut gespannt und verhütet auch ein weiteres Abrollen des Seiles nach Stillstand des Bremshundes. Es kann dann nicht mehr auf die Schienen springen und dadurch abgefahren werden. Diese Anordnung verhindert auch, daß der Antriebsmotor während des Seilabrollens in Bewegung kommt und unzulässig hohe Drehzahlen erreicht. Beim Aufrollen des Seiles reicht die Kupplungskraft aus, um den Bremshund sicher in die Anfangslage zurückzuziehen.

Zur Bremsbereitschaft müssen die Flügel auf das Gleis aufgelegt werden. Dazu legen sich im letzten Teil des Weges Druckfinger, die auf den Schwellen sitzen, gegen Nocken, die jedem Flügel gegenüberliegen und drücken dadurch die Flügel über Führungen auf die Schienen.

Zur weiteren Veranschaulichung der Rangierbremse seien noch zwei Bilder, Abb. 9 und 10, einer Versuchsausführung des Bremshundes im Maßstab 1:5 gebracht, die die bremsbereite Lage auf dem Gleis und in Bremslage vor dem Wagen zeigen.

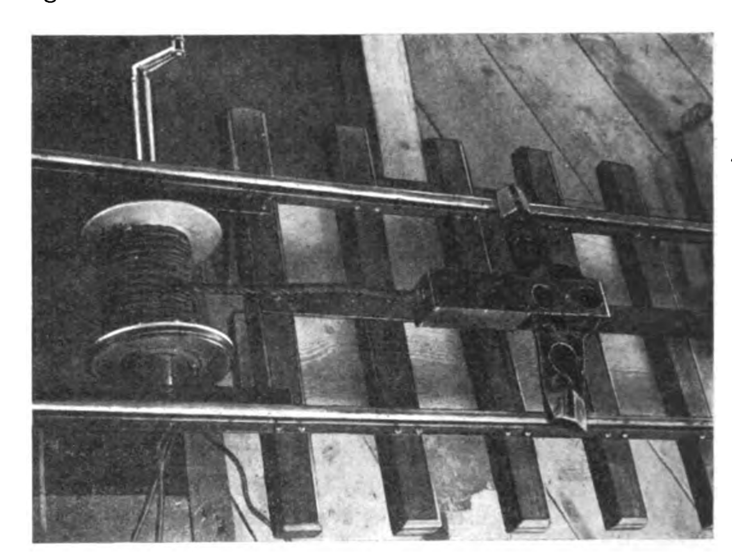


Abb. 9. Versuchsausführung einer Rangierbremse. Bremsbereite Lage auf dem Gleis.

Die Gesellschaft für Oberbauforschung in Berlin, die die Schutzrechte erworben hat, hat zur Zeit eine derartige Ausführung im Bau, die probeweise auf einer geeigneten Ablaufanlage betriebsmäßig eingebaut werden wird.

Das Ziel, das wir uns anfangs gestellt hatten, die Wagen durch die ganzen Richtungsgleise zu führen, erreichen wir mit der bisher geschilderten Form noch nicht. Dafür muß der Bremshund freizügig sein, muß das ganze Richtungsgleis bestreichen und an jedem Punkte des Gleises bremsbereit gemacht werden können. Die Vorrichtungen, die bisher noch ortsfest am Anfang des Bremsbandes lagen, müssen nun durch entsprechende, in den Bremshund eingebaute Elemente ersetzt werden.

Die Abb. 11 zeigt diese zweite, vollkommen unabhängige Ausführungsform.

Zur Bewegung der Flügel und des ganzen Bremshundes dient nunmehr ein Doppelmotor, dessen beide Teile symmetrisch zu beiden Seiten des Bremshundes liegen. Der Doppelmotor ermöglicht bei einfachster Ausführung eine querliegende Welle und die volle Ausnützung des über den Schwellen liegenden lichten Raumes für den Motor. Als Stromart wurde Drehstrom gewählt, einmal wegen der Unempfindlichkeit der

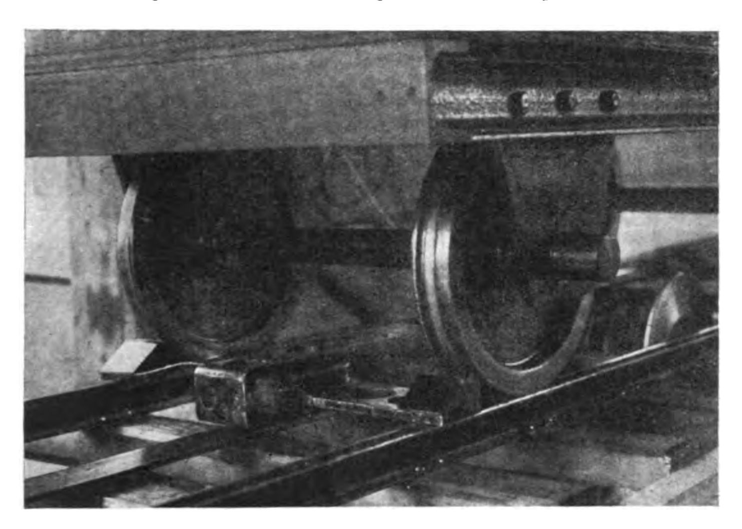


Abb. 10. Bremslage vor dem Wagen.

Drehstrom-Kurzschlußmotoren und zweitens wegen der einfachen Umschaltbarkeit der Drehrichtung. Denn der Antrieb ist so getroffen, daß beim Arbeiten des Motors in dem einen Drehsinn der Bremshund zurückläuft, bei Drehung im andern Drehsinn die Flügel in Bremsbereitschaft gezogen werden. Die beiden Anker der Motoren sind fliegend auf der gemeinsamen Welle aufgesetzt und treiben über ein Zahnradpaar die Schwingachse an. Diese liegt nahezu im Schwerpunkt des Bremshundes, so daß fast das ganze Gewicht als Reibungsgewicht dient. Die Schwingachse ist so abgefedert, daß sie das Gewicht des Bremshundes trägt, der Zugkraft der Bremsmagnete aber nachgibt und daher das vollkommene Aufliegen der Bremsmagnete nicht behindert. Das Auslegen der Flügel wird durch einen Endschalter begrenzt, der gleichzeitig die beiden Stromschienen vom Motor auf Kupplung und Bremsmagnete umschaltet, wobei jedoch die Bremsmagnete erst erregt werden können, wenn der Endschalter nach Gegenlaufen des Wagens gegen die Arme wieder freigegeben ist. Dadurch wird das verzögerte Einsetzen der Bremskraft zur ungehinderten Beschleunigung des Bremshundes erreicht. In dieser Lage bleibt der Endschalter so lange, als die Kupplung eingeschaltet ist. Wird der Wagen nach Lösen der Kupplung freigegeben, so fällt auch der Endschalter zurück und schaltet wieder den Motor an die Stromschienen. Die dritte Phase wird durch die Erde zugeführt.

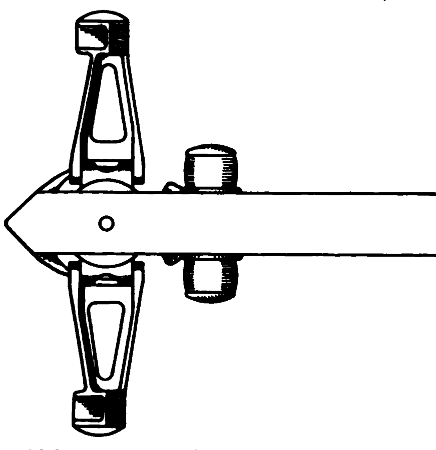


Abb. 11. Der freizügige Bremshund.

Bei der Beschreibung der Kupplung wurde darauf hingewiesen, daß beim Einschalten der untere Teil der Kupplung gegen den oberen hochgezogen wird. Es dient nun zur besseren Ausnutzung der Erregerwicklung, wenn sie beim Einschalten Bruchteile einer Sekunde sehr hoch belastet wird. Sobald sich der Luftspalt geschlossen hat, genügt ein schwacher Strom als Haltestrom. Die Herabsetzung des Stromes wird durch einen Schutzwiderstand erreicht, der sich selbsttätig durch das Hochgehen der unteren Kupplungshälfte einschaltet. Nebenher erhalten wir dabei als wichtigen Gewinn, daß das Auftreten dieses Haltestromes dem Bremswärter das ordnungsgemäße Arbeiten der Kupplung anzeigt, worauf später noch besonders zurückgekommen wird.

Das Führungsband der freizügigen Ausführungsform nimmt ein bis zwei Drittel der Richtungsgleise ein, wobei es lieber etwas zu lang als zu kurz gewählt werden sollte, denn die volle Ausnützung der halbautomatischen Rangierbremse ist erst dann gewährleistet, wenn die Möglichkeit besteht, jeden Wagen kupplungsreif an die vorhandenen anzusetzen und damit Hemmschuhbremser und jegliche Beidrückarbeit zu sparen.

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit sei angegeben, daß der Stromverbrauch bei Vollbremsung etwa 3 kW beträgt. Der Preis dürfte noch nicht den zehnten Teil der Kosten einer schweren Backenbremse erreichen, wenn man also bisher auf acht bis neun Gleise eine schwere Gleisbremse rechnete, so würde sich die Ausrüstung der Richtungsgleise zumindestens nicht teurer, jedenfalls aber im Betrieb wirtschaftlicher stellen.

Der Rangierbremsenbetrieb.

Es soll hier nicht im einzelnen darauf eingegangen werden, in welcher Form Bremshunde im Rahmen des bisherigen Rangierbetriebs zweckentsprechend verwandt werden können, denn dazu wäre es notwendig, auf die vielen verschiedenen Arten des Ablaufbetriebes näher einzugehen, die sich im Laufe der Zeit herausgebildet haben. Fast jeder Bahnhof unterliegt anderen Betriebsbedingungen und muß zur Modernisierung seinen Eigenheiten gemäß behandelt werden. Sondern es soll der Rangierbremsenbetrieb geschildert werden, der sich nur auf Verwendung von frei beweglichen Bremshunden stützt und diese so zweckmäßig wie möglich verwendet, wobei sowohl an Gefällsbahnhöfe als auch an Flachbahnhöfe gedacht ist.

Die Ausbildung des Ablaufberges und der Weichenzone ist schon so häufig erörtert worden, daß die Forderung kürzester Weichenentwicklung als hinreichend bekannt vorausgesetzt werden kann. Ebensowenig soll darauf eingegangen werden, ob gleichzeitig schwere Talbremsen als Sicherungsanlagen für die Weichenzone wirtschaftlich sein können, sondern es sollen nur die Vorgänge nach der letzten Weiche ins Auge gefaßt werden. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß die Geschwindigkeiten, bei denen die Rangierbremse betriebssicher arbeitet, wesentlich höher liegen, als für Hemmschuhe im allgemeinen als zulässig erachtet wird. Höhere Ablaufgeschwindigkeiten ermöglichen in der Weichenzone eine entsprechend schnellere Wagenfolge und steigern damit die Leistungsfähigkeit dieser Ablaufanlagen in hohem Maße. Hier Zahlen anzugeben, würde aber über den Rahmen dieser Arbeit hinausführen, da für einen einwandfreien Vergleich eine ganz bestimmte Weichenentwicklung zugrunde gelegt und besprochen werden müßte.

Bei Zentralisierung des Bremsbetriebes werden den Bremswärtern je eine größere Gruppe von Gleisen zugeteilt. Ihr Standort wird zweckmäßig so gewählt, daß sie mit einem Blick die Vorgänge auf ihren Gleisen übersehen können. Trotzdem muß man damit rechnen, daß sie nicht jeden einzelnen Bremshund verfolgen können, sich in der Geschwindigkeit

täuschen und bei unsichtigem Wetter unter Umständen fast gar nichts sehen können. Man muß also dem Bremswärter die Möglichkeit geben, sich an Hand seines Schaltpultes jeder Zeit ein klares Bild über den jeweiligen Zustand seiner Gleisgruppe machen zu können, über die Bewegungen der Bremshunde, ihre Lage und Bremsbereitschaft, über den Wageneinlauf und die Füllung der Gleise. Es seien daher die hierfür dienenden Einrichtungen vorausgeschickt.

Wir sahen bereits im vorigen Abschnitt, daß in der bremsbereiten Lage des Bremshundes nur die eine Stromschiene Strom führen kann und sich so die Bremsbereitschaft kenntlich macht. Weiterhin macht sich das ordnungsgemäße Arbeiten der Kupplung dadurch kenntlich, daß sich beim Einschalten nach einem größeren Strom durch Einlegen des Schutzwiderstandes bei Anziehen der Kupplung ein ganz bestimmter niedrigerer Stromwert einstellt. Das Auftreten dieses Stromwertes gibt dem Bremswärter die Gewißheit einwandfreien Ansprechens. Die anderen wissenswerten Zustandsformen werden dem Bremswärter durch folgende einfache Einrichtung bekannt gegeben: Die, die Kupplung speisende Stromschiene wird in drei parallele Zweige aufgelöst, indem man sie in etwa meterlange Stücke aufteilt. Diese werden fortlaufend 1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2 usf. bezeichnet und die Gleichnamigen zu je einem Zweig zusammengeschlossen. Diese drei Zweige werden im Schaltpunkt verbunden, so daß zwischen ihnen kein Spannungsunterschied besteht und der in Bewegung befindliche Bremshund der Reihe nach abwechselnd aus den drei Zweigen den Strom bezieht.

Diese Einrichtung ist sehr weitgehend verwertbar. Einmal läßt sich aus dem Takt, in dem die drei Stromkreise sich ablösen, in bekannter Weise jederzeit die augenblickliche Geschwindigkeit des Bremshundes und damit des Wagens erkennbar machen. Zweitens lassen sich die drei Stromkreise über einen dem Drehstrommotor ähnlichen Magnetapparat leiten, der sich dann entsprechend der Bewegung des Bremshundes vor oder rückwärts dreht und den jeweiligen Standort des Bremshundes genau festlegt. Dann ist es auch ein Leichtes, daran durch einen Schleppzeiger den Punkt festzuhalten, an dem der Wagen zum Stehen gekommen ist, und dadurch die fortschreitende Gleisfüllung am Schaltpunkt selbsttätig zu markieren.

Es muß dabei ganz besonders darauf hingewiesen werden, daß diese Vorrichtungen gänzlich ohne irgendwelche Kontakte oder Unterbrechungsmöglichkeiten ausgeführt werden und damit den höchstmöglichen Grad der Betriebssicherheit erreichen.

Läßt man noch den Wagen beim Einlauf in das Richtungsgleis einen Schienenkontakt betätigen, so sind dem Bremswärter alle Unterlagen an die Hand gegeben, um völlig „blind" arbeiten zu können. Damit kann der Ablaufbetrieb auch bei Nebel und Schneetreiben unvermindert fortgeführt werden.

Schließlich erfordert es nur noch eines mit dem Standortzeiger verbundenen Relais, das den Bremshund selbsttätig nach Stillstand des Wagens eine vorgeschriebene Strecke zurücklaufen und dort in Bremsbereitschaft gehen läßt, um folgenden Bremsbetrieb zu erhalten:

Der in das Richtungsgleis einlaufende Wagen meldet sich durch Niederdrücken des Schienenkontaktes an und schaltet dabei selbst die Kupplung des Bremshundes ein, was sich durch Aufleuchten einer Lampe kenntlich macht. Nach erfolgter Mitnahme des Bremshundes regelt der Bremswärter die Bremskraft so, daß der Wagen sich noch eben an den letzten Wagen ansetzt. Da er den Wagen im letzten Teil des Weges mit ganz geringer Fahrt ungebremst laufen lassen kann, erfordert das richtige Bremsen keine große Geschicklichkeit. Der Wagen kann mit einer für das Auflaufen schon gänzlich ungefährlichen Geschwindigkeit noch eine ganze Strecke weiter rollen, und diese Geschwindigkeit kann der Bremswärter auf seinem Geschwindigkeitsmesser genau verfolgen. Nach Stillstand des Wagens läuft der Bremshund automatisch zurück und setzt sich wieder in Bremsbereitschaft. Folgt dem eben abgebremsten Wagen in kurzer Entfernung ein zweiter, so kann der Bremshund durch einen Druckknopf schneller in Bremsbereitschaft gebracht werden.

Frosthügel auf russischen Eisenbahnen und die Mittel zu ihrer Beseitigung*).

Die von den Frosthügeln eingenommenen Gleislängen betrugen in Rußland 1923/24 und 1924/25 5500 bis 6000 km oder ungefähr 7,5 v. H. der Gesamtlänge der Hauptbahnen. Man scheidet die Frosthügel aus in Grund-, Oberflächen- und Brückenfrosthügel. Am einschneidendsten sind die Grundfrosthügel, die bis zu 32, ja selbst 54 cm Höhe gehen, während Oberflächenfrosthügel selten 2—3 cm übersteigen. Die Brückenfrosthügel bestehen in einer zusammenhängenden, mehr oder weniger gleichmäßigen Hebung in bedeutender Ausdehnung, bisweilen bis zu einigen Werst, in ganzen Einschnitten, zuweilen auch in Dämmen geringer Höhe, wobei die Brückenwiderlager und Pfeiler natürlich diese Hebung nicht mitmachen. Fehlt die Schneedecke, so treten die Frosthügel früher auf und greifen auch viel tiefer. Die Zeit der Frosthügel beginnt für das mittlere Rußland Mitte November und dauert bis Mitte Februar, wo die Frosthügel abzunehmen beginnen. Sie hören Mitte oder Ende Mai, manchmal auch erst Mitte Juni auf. Wasserdurchlässiger Boden auf undurchlässigem Grunde begünstigt bei mangelhafter Wasserabführung das Auftreten der Frosthügel. Die Tiefe der Frosthügel hängt von der geographischen Lage, von der Beschaffenheit des Grundes und vor allem von der Frosttiefe ab. In Rußland schwankt diese Tiefe mit Ausnahme von Sibirien und Kaukasus zwischen 64 cm und 2,14 m und erreichte in ausnahmsweise schwereren Wintern sogar 2,57 bis 3,21 m.

Die Anwendung von Unterlagen bildet auch in Rußland das Hauptbekämpfungsmittel der Frosthügel. Bei größeren Frosthügeln arbeitet man mit sogenannten durchgehenden Schwellenauflagen, die verschieden stark sind (bis zu etwa 9 cm) und sich auf die ganze Schwellenlänge auflegen. Für den Ausgleich der Frosthügel sind für Züge bis zu 45 km/St. Geschwindigkeit Zwischensteigungen bis zu 1 : 200, bei größeren Geschwindigkeiten von 1 : 400 üblich. Das Verschwinden der Frosthügel erfolgt meist allmählich, zuweilen aber auch plötzlich unter der Last der Züge. Letzteres ist bei Frosthügeln großer Höhe für den Zugbetrieb besonders gefährlich. An Stellen, wo solches befürchtet wird, muß man ständige Wachen aufstellen. In vielen Fällen geht der Frost aus der Bettung, ohne daß sich die Frosthügel sogleich setzen. Man muß sich da vor zu frühem Nachhelfen mit Unterstopfung hüten, weil sonst das ganze Gleis aus seiner Ruhe kommt.

Zu den in der Ausübung viel gebräuchlichen Mitteln zur Abminderung der Frostbeulen gehört die Überdeckung mit Stoffen, die das Wasser durchlassen. Ein eigenartiges Mittel zur Bekämpfung der Frostbuckel, das auf den Südwestbahnen versucht wurde, ist die künstliche Anwärmung des Bahnkörpers mit Pferdedünger. Man gräbt zu diesem Zwecke zwischen den Doppelgleisen einen etwa 1,07 m tiefen, 0,64 m breiten Graben, den man mit Pferdedünger ausfüllt. Zur Verstärkung des Brandes werden Lüftungsöffnungen aus lotrecht eingesteckten Strohbüscheln angebracht. Man hat auf diese Weise schon Frostbeulen von 13 cm Höhe beseitigt.

Schon beim Bau der Bahnen durch Ausbau ungeeigneten Grundes dem künftigen Auftreten von Frostbeulen vorzubeugen, ist besonders für das nördliche Rußland und für Sibirien, in erster Linie für Örtlichkeiten kontinentalen Klimas wichtig. Als Ersatz ungeeigneten Grundes wendet man Sand, Kies, zuweilen auch Schotter, Feldsteine und Steinkohlenschlacke an. Dr. S.

*) Quellen: „Frosthügel, ihre Bekämpfung und Beseitigung" von N. W. Charlamow, „Frosthügel auf den Eisenbahnen und die Maßnahmen zu ihrer Beseitigung" von L. N. Ljubimow.

Schlepperbetrieb in Rangierbahnhöfen.

Von Regierungs- und Baurat a. D. **Kaempf**, Direktor der Gesellschaft für Oberbauforschung, Berlin.

Im Rangierbahnhof Magdeburg-Rothensee haben Reichsbahndirektor Leibbrand und Vizepräsident Niemann zum Zusammendrücken der in der Gleisharfe der Richtungsgleise frühzeitig stehengebliebenen Wagen eine rühmlichst bekannte Anlage geschaffen, die einen Akkumulatorenschlepper aufweist, der in den Gleiszwischenwegen auf Schmalspurgleisen verfahren wird (Abb. 1). Diese Anlage, die erste derartige in Deutschland, hat sich hervorragend bewährt und bedeutende Betriebsersparnisse eingebracht.

Es wird nicht unerwünscht sein, hiermit eine Einrichtung zu vergleichen, die auf französischen Bahnen vielfach verwendet wird, und zwar bei der Nordbahn in den Bahnhöfen Blainville, Lumes, Patin, Is-sur-Tille, Conflans und Champigneulles,



Abb. 1. Schlepperbetrieb in Magdeburg.

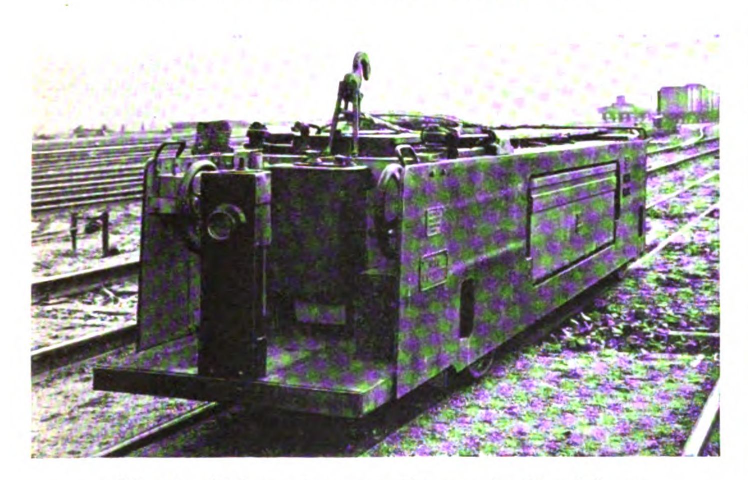


Abb. 2. Akkumulatorenschlepper in Magdeburg.

Bei der Südbahn bestehen solche Anlagen in Toulouse, Cerbère und Montauban; die Bahnhöfe Bayonne, Castres, Sète Perpignan und Tabres werden gerade ausgerüstet; außerdem hat die Staatsbahn solche Anlagen in Sotteville und die P.L.M.-Bahn in Maisons-Alfort*).

Beide Anlagen, die deutsche wie die französische, haben das Gemeinsame, daß jede Schleppereinheit von zwei Mann bedient wird, einem Fahrer und einem Kuppler, der neben den erforderlichen Zeichen für Heranfahren und Halten auch die zusammengedrückten Wagen zu kuppeln hat. Ferner stimmen sie darin überein, daß in jedem zweiten Gleiszwischenwege gearbeitet wird, und daß daher, wenn man sich zu diesem Betriebe entschlossen hat, alle Licht- und Telegraphenmasten und sonstigen Hindernisse entfernt werden müssen, um dem Schlepper freien Weg zu schaffen. Der deutsche Akkumulatorenschlepper (Abb. 2) mit einem Betriebsgewicht von 9,4 t wird von zwei Gleichstrommotoren angetrieben, die zusammen 19 PS entwickeln. Die gleiche Pferdestärke besitzt der französische Schlepper (Abb. 3), der einen vierzylindrigen Benzinmotor hat und 1950 kg wiegt. Beide Fahrzeuge, die

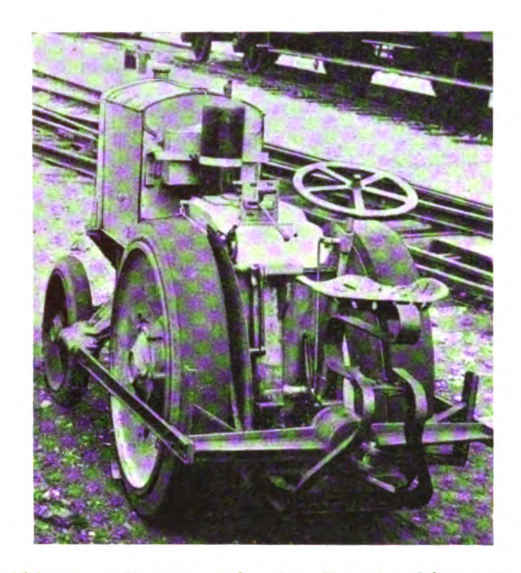


Abb. 3. Hinteransicht des Benzinschleppers.

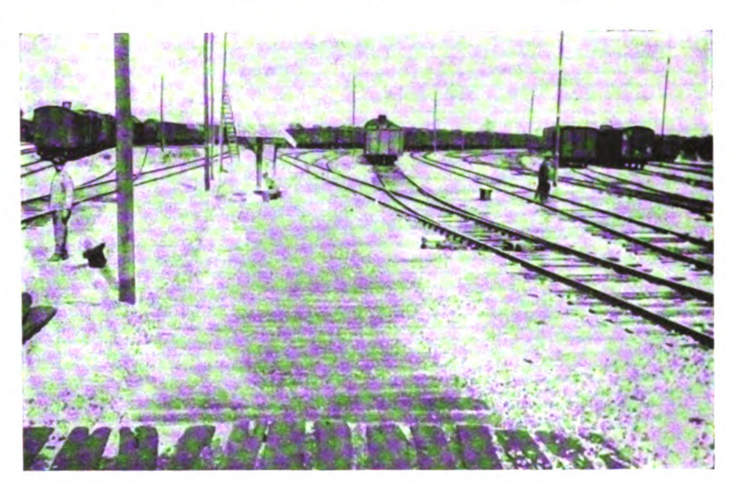


Abb. 4. Längsbahn in Blainville.

ungefähr 1,0 m breit sind, gestatten vollspurige Wagen bis 150 t Bruttogewicht aus dem Stillstande anzuziehen oder eine bis 500 t schwere, bereits im Gange befindliche Wagengruppe zu schleppen. Ein großer Unterschied besteht in der Geschwindigkeit. Der Magdeburger Schlepper hat ohne Last eine größte Geschwindigkeit von 15 km/Std., mit Last von 6 km/Std. Der französische Schlepper fährt hingegen vorwärts unter Last im ersten Gange 3, im zweiten 6 km/Std. Für Rückwärtsfahrt hat er nur eine Geschwindigkeit und zwar 6 km/Std.

Im grundsätzlichen Unterschied wird der Akkumulatorenschlepper fest im Gleis geführt (Schmalspurgleis mit 76 cm Spur) und muß daher Räder mit Spurkränzen haben, während der Benzinschlepper schienenlos fährt und daher mit gewöhnlichen Rädern ausgerüstet ist, die mit Vollgummi belegt sind. Die Franzosen behaupten, daß die Gummibereifung hinsicht-

*) Die Abbildungen für den französischen Schlepperbetrieb wurden entgegenkommender Weise von der Révue Générale des chemins de fer (Paris) zur Verfügung gestellt. Die Unterlagen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung lieferten die französischen Eisenbahnverwaltungen.

lich der Reibung und der Gleichmäßigkeit des Anfahrmomentes einerseits sowie des für den Fahrer und den Motor günstigen sanften Fahrens andererseits die besten Erfahrungen geliefert habe. Raupen erforderten wegen des scharfen Schotters sehr hohe Unterhaltungskosten und verböten sich daher ganz von

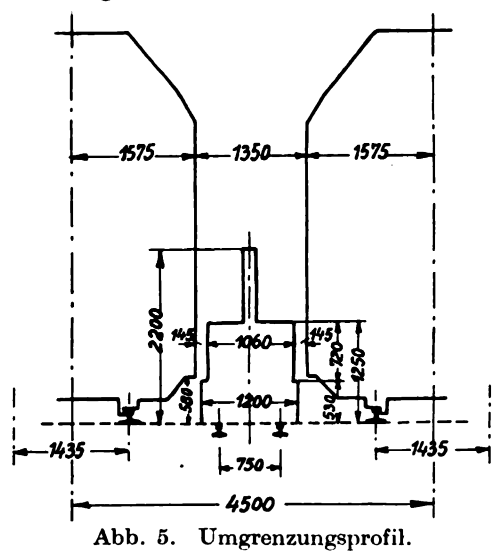


Abb. 5. Umgrenzungsprofil.

selbst. Bei Eisenrädern sollen sich Querleisten oder Zähne sehr schnell abnutzen, wie groß auch ihre Ausmaße seien, und damit geht die Adhäsionswirkung in beträchtlichem Maße verloren; der Motor selbst sowie die anderen Teile sollen ebenfalls auf die Dauer diese Erschütterung nicht ohne Schaden

mit einer 5 cm starken Schicht von guten Schotters bedeckt. Eine andere Art solcher Fahrbahnen wird dadurch geschaffen, daß auf eine Bettung geteerten Schotters eine Schicht geteerten Splitts kommt. Die auf diese Weise sehr gut hergerichteten Gleiszwischenwege bieten auch für den Fußverkehr eine sehr fühlbare Verbesserung.

Seitliche Führung besitzen diese Bahnen nicht. Eine besondere Kupplung verhindert, daß sich der Schlepper infolge schrägen Zuges schief stellt; außerdem erlangen die Fahrer bald die Fertigkeit, selbst bei schneller Fahrt und bei seitlich vorbeifahrenden Wagen tadellos die Richtung zu halten, ohne anzustoßen. Je breiter die Gleiszwischenwege sind, um so bequemer geht natürlich das Fahren, wie in Blainville, wo die Gleismittenentfernung 5 m ausmacht. Bei anderen Bahnhöfen, bei denen dieses Maß nur 4,5 m beträgt, soll der Verkehr ebenfalls ohne jede Schwierigkeit stattfinden. Der freie Raum zwischen den Umgrenzungslinien der Wagen hat dann eine Breite von 1350 m (Abb. 5). Die Südbahn behauptet, daß der Abstand der Gleismitten bis 4,2 m herabgehen kann, jedoch nur als Mindestmaß in äußersten Fällen.

Für den deutschen Schlepper sind die Gleisjoche der Schmalspurbahn fast ganz in Schotter eingebettet, um eine Behinderung des Fußverkehrs auf den Gleiszwischenwegen zu vermeiden und Unfälle zu verhüten.

Ein wesentlicher Unterschied der beiden Anlagen besteht in der Verbindung der Fahrbahnen. In Magdeburg ist diese ganz am unteren Ende der Richtungsgleisgruppe geschaffen. Da der Gleisplan, wie meistens, nicht ganz regelmäßig rostförmig ausgebildet ist, hat der Schlepper beim Wechseln der Arbeitsstelle bisweilen Sägebewegungen auszuführen, die

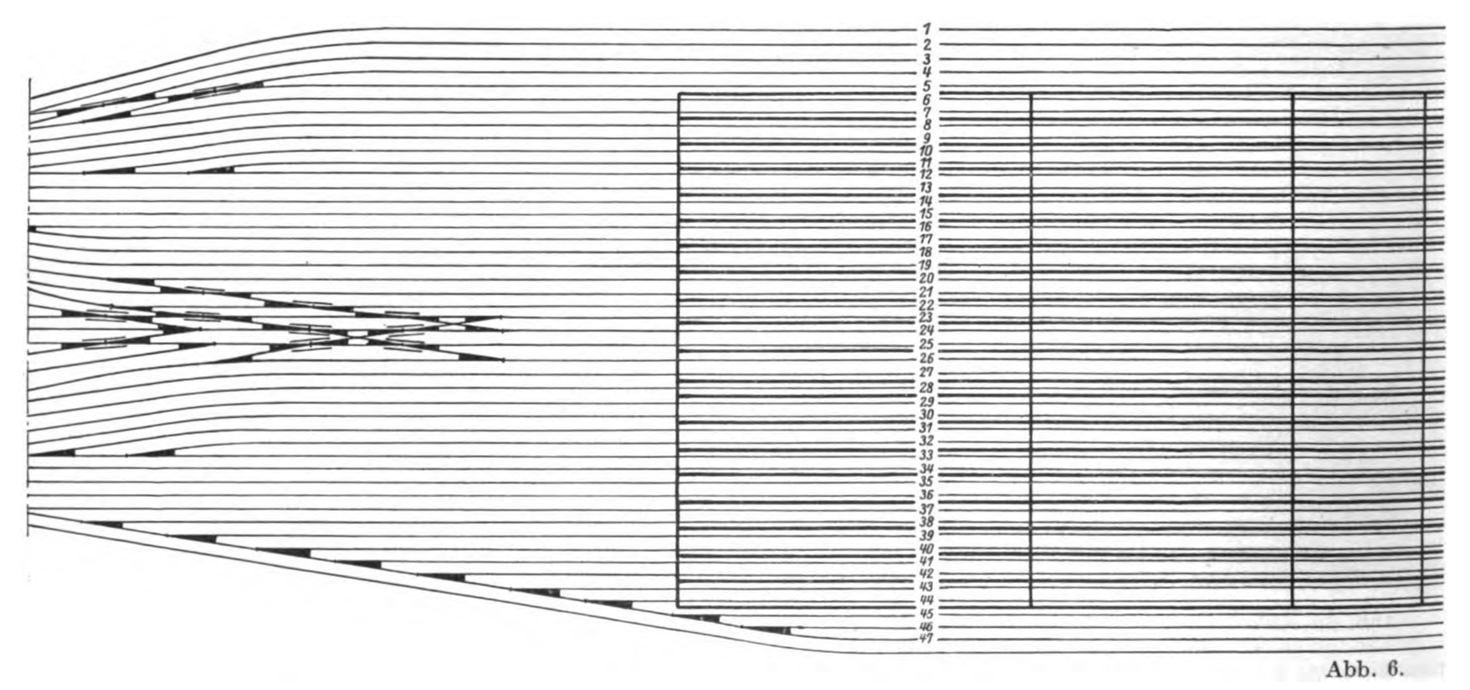


Abb. 6.

ertragen. Ein einziger Nachteil der Gummibereifung ist nur das Rutschen bei Glatteis oder starkem Frost; aber dieser Nachteil ist mit Schneeketten oder irgendeiner der vielen, zu diesem Zweck erfundenen Vorrichtungen zu beheben. Bei leichtem Betrieb benötigt der Benzinschlepper keine besonderen Laufbahnen. Es genügt, den Boden gut zu ebnen und nötigenfalls eine Lage Schotter darüber auszubreiten. An den Stellen jedoch, wo der Boden zu weich, oder wo der Betrieb sehr lebhaft ist, hat es sich als erforderlich herausgestellt, die Fahrbahn genügend zu befestigen. Dieses geschieht in der Weise, daß in den Gleiszwischenwegen parallel zu den anderen Schwellen die Hälften gebrauchter Schwellen mit Zwischenräumen von halber Schwellenbreite verlegt werden (Abb. 4). Sie liegen noch mit ihrer Oberfläche etwas versenkt und werden

immerhin etwas Zeit kosten, zumal die Schlepperbemannung hierbei Verbindung mit dem betreffenden Stellwerk halten muß. Bei den französischen Anlagen sind mehrere Querverbindungen geschaffen, und zwar vornehmlich in der oberen Hälfte, wo auch das hauptsächlichste Arbeitsgebiet ist (Abb. 6). Diese Verbindungen (Abb. 7) — in Blainville gibt es sechs — sind in der Weichenzone in Abständen von 50 bis 60 m und von hier an alle 100 m angeordnet, in ähnlicher Herrichtung wie die Längsbahnen; sie liegen in Höhe der Schienenoberkante, damit der Schlepper stoßlos kreuzen kann, und haben Ausgleichrampen zu den Längsbahnen. Bei ihrer einfachen Art können diese Querbahnen kurzer Hand an jeder gewünschten Stelle angelegt werden; dadurch gewähren sie den Schleppern die Möglichkeit, ohne Schwierigkeit und Zeitverlust von einer

Fahrbahn zu einer anderen hinüberzuwechseln und schnell ihren Tätigkeitsort zu ändern. Diese leichte Beweglichkeit, selbst bei einem Ablauf von zehn Wagen in der Minute, ist eine Grundbedingung für die Wirtschaftlichkeit. Der Nachteil

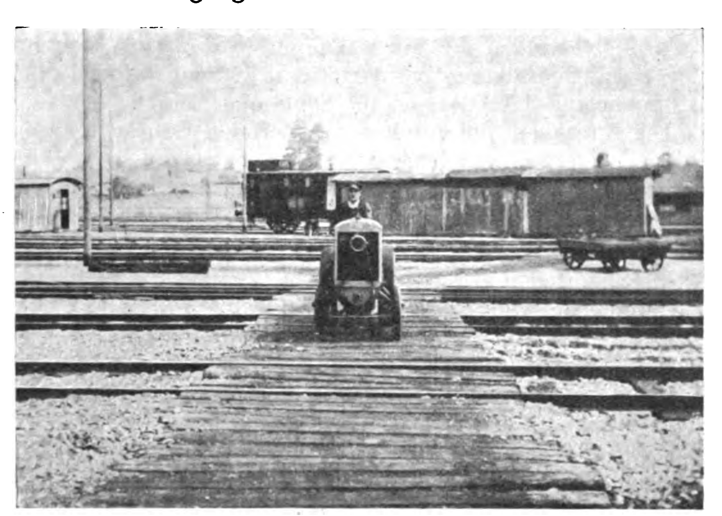


Abb. 7. Querbahn.

ihrer geringeren Geschwindigkeit wird durch dieses rasche Umsetzen mindestens wettgemacht. Sicherheit gegen Unfälle ist dadurch angestrebt, daß das Überfahren derjenigen Querbahn verboten ist, auf deren Gleis ein Wagen anrollt. Der begleitende zweite Mann, der Kuppler, hat gleichfalls auf die Sicherheit des Fahrers und des Schleppers zu achten. Vor Spitze sich leicht in dem Wagenuntergestell verfangen und so die Ursache zu Beschädigungen des Wagens oder des Schleppers geben kann, hat man dem Haken, der zur

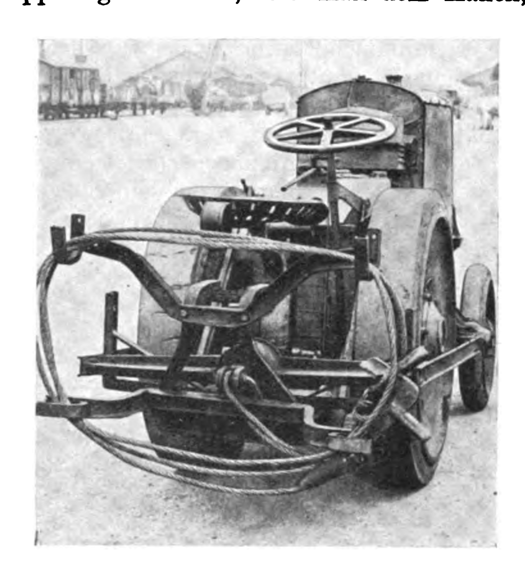
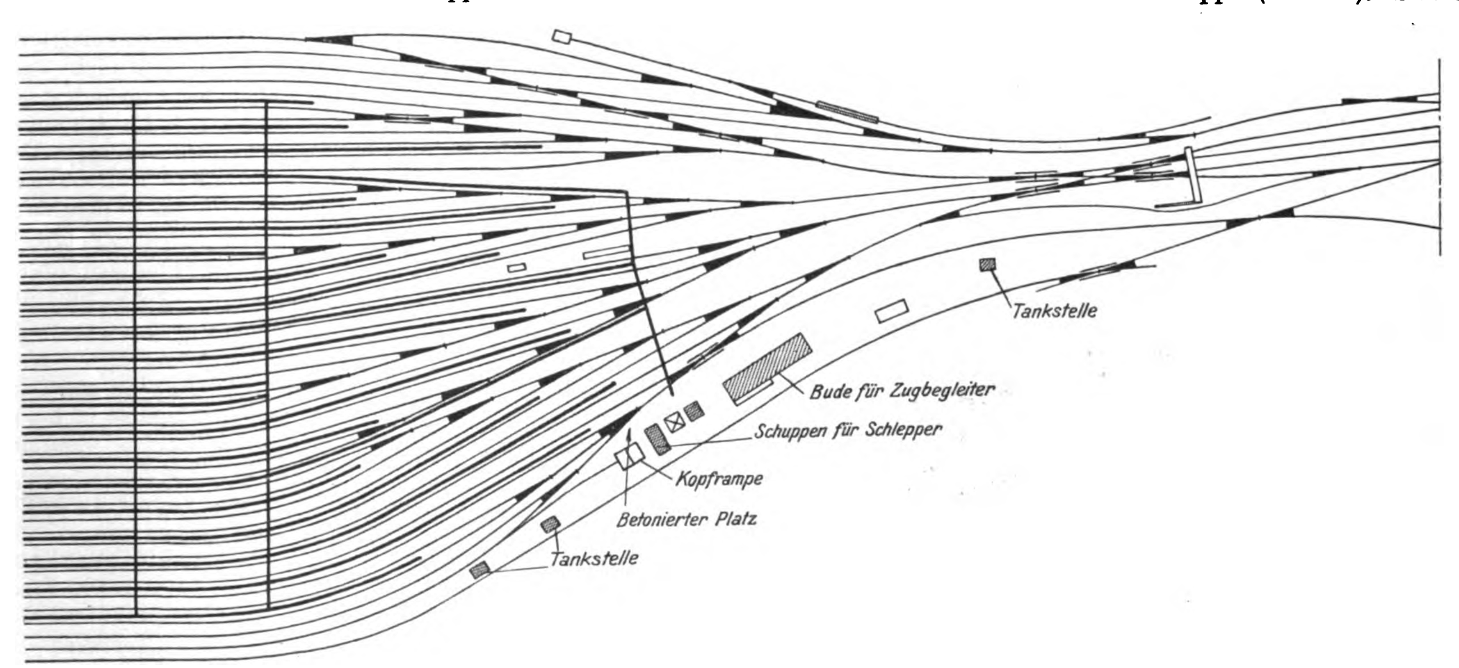


Abb. 8. Aufwickelvorrichtung.

bequemen Handhabung zwei Handgriffe besitzt, eine flache, gerauhte Nase gegeben, die sich an alle Flächen des Wagens gut anlegt.

Mehrere bequem gelegene Benzinentnahmestellen im Bahnhofe erhöhen die Bereitschaft der Schlepper (Abb. 10). Selbst-



Bahnhofsplan Blainville.

dem Überfahren eines Gleises hat er einen Hemmschuh auf dieses auszulegen, um gefahrbringende Wagen anzuhalten. Durch diese Vorsichtsmaßregeln sollen Unfälle fast ganz vermieden werden.

Eine besondere Aufwickelvorrichtung ermöglicht dem Kuppler, das 7,50 m lange Zugseil gegebenenfalls schnell aufzuwickeln (Abb. 8). Das ist erforderlich, wenn der Fahrer zum Fahren in entgegengesetzter Richtung nicht erst wendet, um unnötigen Zeitverlust zu vermeiden. Aus demselben Grunde ist es wichtig, daß der Schlepper bei Rückwärtsfahrt, bei der er keine Leistung auszuführen hat, nicht mit kleiner, sondern im Gegenteil mit größter Geschwindigkeit fährt.

Der Seilzughaken weist eine besondere Ausbildung auf (Abb. 9). Da die sonst meist ausgeführte, zurückgebogene

verständlich ist ein Schuppen nebst Reparaturwerkstatt vorhanden, ferner auch eine Schrägrampe, um den Schlepper auf einen Eisenbahnwagen fahren zu können. Die Zahl der gleichzeitig in Dienst zu stellenden Schlepper wird aus einer Formel NLO = K errechnet, wobei N die Zahl der Gleise, L die Gleislänge, und O die in 24 Stunden zu verschiebenden Wagen bedeutet. Ist K kleiner als 30 Millionen, so genügt ein Schlepper; ist K größer, so sind deren zwei erforderlich. Für jeden Schlepper soll ein zweiter in Bereitschaft stehen, um jeden Augenblick einspringen zu können. Darüber hinaus wird noch eine weitere Reserve bereitgehalten, so zwar, daß bei zwei gleichzeitig arbeitenden Schleppern im ganzen fünf vorhanden sind. Hierfür sind bei achtstündigem Dienst erforderlich: als Bemannung der Schlepper acht Beamte, für

die Werkstatt zwei Beamte und weitere zwei für Ruhe, Urlaub und Krankheit, im ganzen also zwölf Beamte.

Die französische Ostbahn gibt an, daß durch Einführung der Schlepper die Leistung der Zerlegelokomotive, die nun nicht mehr das Zusammendrücken zu besorgen hat, um 50%, die der Zugbildungslokomotive um 10% gestiegen sei.

Da die Gleise im vorderen Teil der Richtungsgruppe freibleiben, sind die Entgleisungen stark zurückgegangen, auch hat sich die Zahl der Beschädigungen stark gemindert. Aus diesem Grunde kann eine größere Zahl von Wagen ablaufen, ohne daß wie früher sämtliche Gleisanlagen benutzt werden müssen. Durch gleichzeitige Verbesserung der Gefällverhältnisse des Eselsrückens und der Weichenzone sowie durch Einführung von Rangierprämien ist im Zerlegen eine Verbesserung von 115%, in der Zugbildungsgruppe von 60% und im gesamten Rangieren von 78% erreicht. Die Zeit des Rangiergeschäftes ist von früher 24 Stunden auf 16 Stunden zurückgegangen. An einer Zugbildungsstelle ist eine tägliche Lokomotiversparnis von 8 Stunden erreicht, an einer anderen beträgt die Ersparnis 4 Stunden. Dergestalt konnten in Blainville 62 Angestellte und täglich 60 Lokomotivstunden eingespart werden. Dies hat seinen Grund besonders darin, daß die Verbesserungen gestatteten, einen bestimmten Teil der Zugbildungsgruppe ganz stillzulegen, während er früher 16 Stunden benutzt wurde; in dem Bezirk der Richtungsgleisgruppe, in der bislang den ganzen Tag gearbeitet wurde, kann die Arbeit in 16 Stunden erledigt werden.

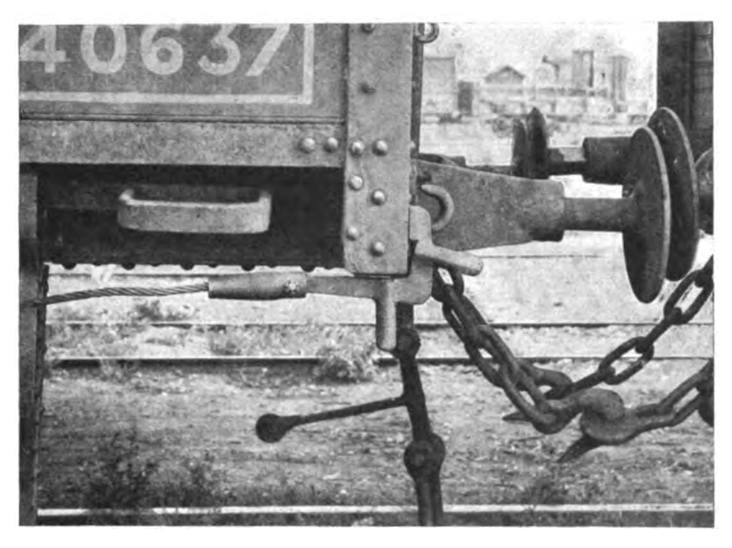


Abb. 9. Zughaken.



Abb. 10. Schlepperbetrieb in Blainville.

Grundlegend ist die Forderung, daß die erreichte Verbesserung dazu führen müsse, bestimmte Bahnhofsgruppen 8 Stunden schließen zu können. Sonst können sich die Ersparnisse infolge der dann fortbestehenden Personalkosten nicht gehörig auswirken.

Seit der Verwendung der Schlepper hat man in einer Zeit von 8 Stunden das Ausrangieren von 1600 Wagen mit einer einzigen Lokomotive erreichen können (die Höchstleistung betrug 1730 Wagen im September 1927).

Die Ausgaben, die durch den dauernden Gebrauch zweier Schlepper an zwei Stellen während der ganzen Dauer des Rangierbetriebes, und zwar während einer Gesamtzeit von 16 Stunden in Blainville entstehen, stellen sich folgendermaßen:

A.	Jährliche Kapitalkosten für fünf Schlepper samt den erforderlichen Ersatzteilen	32500 Fr.
B.	Jährliche Kapitalkosten für den übrigen Teil der Anlage, und zwar Laufbahn, Werkstatt, Schuppen, Tankstationen, Rampe	20000 Fr.
C.	Ausgaben für Benzin, Öl, Reinigung und Unterhaltung der Schlepper	160000 Fr.
D.	Ausgaben für Unterhaltung zu B. . . .	15000 Fr.
E.	Lohnkosten für zwölf Köpfe	180000 Fr.
		407500 Fr.

Die an anderer Stelle gemachten Minderausgaben gestatten, auf das Jahr die folgenden Ersparnisse zu buchen:

A.	Rangiermaschienen 60 Stunden täglich	876000 Fr.
B.	Lohnkosten für 62 Köpfe	930000 Fr.
		1806000 Fr.

Es ergibt sich somit eine Ersparnis von 1400000 Fr., von denen ein Teil in den im Bahnhof vorgenommenen Verbesserungen, ein zweiter in dem durch Prämienverteilung erhöhten Diensteifer des Personals und schließlich nicht zum wenigsten in der Verwendung der Schlepper begründet ist. Nach statistischen Erhebungen beträgt der auf die Schlepper entfallende Anteil ungefähr die Hälfte der Ersparnisse. Der Sicherheit halber soll er mit nur 500000 Fr. in Rechnung gestellt werden. Selbst dann ist die ganze Schlepperanlage bereits in einem Jahre abgeschrieben. Die stündlichen Betriebskosten eines Schleppers stellen sich somit, da ständig während 16 Stunden an 365 Tagen zwei Schlepper im Dienst sind auf

$$\frac{407500}{2.16.365} = 35 \text{ Fr.}$$

Zu obigen Ersparnissen ist noch der Gewinn aus der vermehrten Benutzungsmöglichkeit der Fahrzeuge zu rechnen, die durch die schnellere Behandlung nur kürzere Zeit im Bahnhof bleiben.

Bei der Südbahn sind die Ergebnisse in Toulouse wie folgt:

Erspart wurden:

5100 Lokomotivstunden	280500 Fr.
5700 Pferde	51300 Fr.
1100 Lohntage für Angestellte	53200 Fr.
	385000 Fr.
Ausgegeben wurden:	
Schlepper einschließlich allem	208000 Fr.
Somit eine Ersparnis von . .	177000 Fr.

Der Unterschied in dem Ergebnis ist darauf zurückzuführen, daß der Verkehr in Toulouse viel geringer ist als in Blainville und daß daher die Einrichtung sich nicht in dem gleichen vollen Maße auswirken konnte. Außerdem ist die neue Betriebsform bei der Ostbahn, die als erstes französisches Netz die Schlepper bereits 1925 einführte, schon weiter ausgebildet als bei der Südbahn, die noch in der Zeit der Versuche steht. Erst seit Juni 1928 ist dort die endgültige Form gefunden. Aus diesem Grunde können die angegebenen Ersparnisse als ein Minimum angesehen werden, die sicher noch stark steigerungsfähig sind.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.

1929
84. Jahrgang

ORGAN
FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

Heft 14
15. Juli

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN
HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.



Buchbesprechungen.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

84. Jahrgang **15. Juli 1929** **Heft 14**

Zur Nachricht!

Für die 10 Jahrgänge 1918—1927 des „Organ" ist ebenso wie dies für die vorangegangenen Jahrzehnte der Fall war, ein Gesamtinhaltsverzeichnis (Sach- und Namenverzeichnis) herausgegeben worden. Es kann zum Preis von 8.— RM durch alle Buchhandlungen bezogen werden. *Die Schriftleitung.*

Das Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen und das Verkehrsmuseum der Technischen Hochschule Karlsruhe.

Von Dr. Ing. **von Gruenewaldt** und Dr. Ing. **Raab**, Karlsruhe.

Am 11. Juli 1929 feiert Otto Ammann seinen 50. Geburtstag und da mag es seinen langjährigen Mitarbeitern gestattet sein, kurz über das zu berichten, was er in unermüdlicher Tatkraft und rastloser Arbeit an der Stätte seines Wirkens, der Technischen Hochschule Karlsruhe, geschaffen hat. Andere Seiten seiner erfolgreichen Tätigkeit zu würdigen, soll Berufeneren vorbehalten sein, es sei hier nur hingewiesen auf seine grundlegenden Arbeiten auf dem Gebiet der Verschiebebahnhöfe, seine Tätigkeit als Hochschullehrer und Vorsitzender der Vereinigung der Eisenbahnprofessoren und auf seine Mitwirkung in vielen Ausschüssen der Reichsbahn, der Studiengesellschaft für Automobilstraßenbau und der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft.

Vor allem die Technische Hochschule Karlsruhe schuldet ihm dauernden Dank für die Schaffung von Lehr- und Forschungsmitteln, wie sie kaum einer anderen Hochschule zur Verfügung stehen dürften — des Verkehrsmuseums und des Instituts für Straßen- und Eisenbahnwesen.

Das Verkehrsmuseum.

„Ex ingenio instrumentum, ex instrumento ingenium". Nach diesen Worten handelnd, ist Ammann von jeher bestrebt, dem Ingenieur an der Hochschule nicht nur den Geist nach den Erkenntnissen der Theorie zur Gestaltung der Materie zu schulen, sondern ihm auch an Werken der Vergangenheit und Gegenwart den Blick zu schärfen, damit er aus Gutem und Schlechtem lerne und Anregungen zu eigenen Ideen empfange. Was zu diesem Zwecke nützlich und wertvoll schien, hat er der Hochschule und weiterhin seiner Heimat geschaffen: ein Museum, in dem Werke der Technik auf dem Gebiete des Verkehrswesens im Original, Modell oder Bild gezeigt werden.

Als der Hochschule nach dem Weltkriege das ehemalige Zeughaus in Karlsruhe, ein kunstgeschichtlich wertvolles Baudenkmal aus dem Jahre 1779, überlassen wurde, ergriff Ammann die günstige Gelegenheit zur Verwirklichung seiner Pläne. Die bauliche Herrichtung des Gebäudes wurde von der badischen Unterrichtsverwaltung übernommen, aber auch die Stadt Karlsruhe und Kreise des Handels und der Industrie halfen durch Stiftungen zum Gelingen des Werkes mit. Das „Verkehrsmuseum" wurde in vier Abteilungen eingeteilt: Eisenbahn-, Straßen-, Schiffahrts- und Luftverkehrswesen. Im folgenden soll ein ganz kurzer Überblick über die einzelnen Abteilungen gegeben werden.

Bereits im Jahre 1921 war ein Teil der Eisenbahnabteilung besichtigungsfähig geordnet. Das Material wurde von der früheren Generaldirektion der badischen Staatseisenbahnen überlassen, die dieses seit Jahren für ein eigenes Eisenbahnmuseum, das sich jedoch nicht verwirklichen ließ, hatte sammeln und anfertigen lassen.

Als das Museum am 11. Oktober 1924 feierlich eröffnet wurde, gab die erste Abteilung einen Überblick über das gesamte badische Eisenbahnwesen. Die Sammlung wird unter Berücksichtigung der Entwicklung der Reichsbahn fortgesetzt; sie umfaßt viele Gebiete des Eisenbahnwesens. Besonders beachtenswert ist für den Eisenbahnfachmann die Oberbausammlung, die den Werdegang des badischen Oberbaues von dem ersten Breitspurgleis mit Brückschienen bis zu den neuesten Oberbauarten lückenlos zeigt, ferner ein Modell des ersten badischen Eisenbahnzuges, eine Sammlung von Lokomotivmodellen und betriebsfähig aufgestellten Stellwerks- und Signalanlagen. Als eines der interessantesten Stücke ist die in der unteren Halle des Museums im Original aufgestellte Crampton-Schnellzugslokomotive*) aus dem Jahre 1863 zu nennen, die wohl die einzige noch in Deutschland vorhandene Vertreterin dieser ersten deutschen Schnellzuglokomotive ist.

Die Ausstellungsstücke der zweiten und dritten Abteilung wurden von der Badischen Wasser- und Straßenbauverwaltung, zum Teil auch von der Eisenbahnverwaltung, der früher die Bodensee-Dampfschiffahrt und die Häfen in Mannheim und Kehl unterstanden, erworben. Eine Reihe von besonders interessanten Gegenständen hat Ammann durch persönliche Beziehungen aus privater Hand beschafft.

Die Abteilung für Straßenwesen enthält unter anderem eine vollständige Sammlung aller im badischen Straßenbau verwendeten Gesteinsarten mit Angabe der Gewinnungsstellen. Eine große Zahl von Entwürfen, graphischen Darstellungen, Photographien, Modellen und Originalstücken zeigt die verschiedenen Gebiete des Baues von Schotter- und Pflasterstraßen und ihrer Unterhaltung. Viele der im Zuge der Straßen erstellten Kunstbauten werden im Bild und in Originalplänen vorgeführt. Außer Bildern und Zeichnungen von Straßenfahrzeugen aus allen Zeiten hat Ammann Modelle und als besonders wertvolles Originalstück eines der ersten von Benz erbauten Automobile für das Museum erworben.

*) Die Maschine wurde gebaut von der Maschinenfabrik Kessler, der heutigen Karlsruher Maschinenbaugesellschaft.

In der Abteilung für Wasserverkehr sind vor allem die interessanten Originalpläne des Vaters der Rheinkorrektion, des Obersten Tulla zu nennen, anläßlich dessen 100. Todestages eine Sonderausstellung im Verkehrsmuseum veranstaltet wurde. Die Pläne für die Korrektion und Regulierung des Rheines, sowie Modelle der Hafenanlagen von Mannheim und Kehl und ein Modell des Bodensees zeigen dem Besucher die wichtigsten badischen Wasserverkehrswege und Plätze. Als bedeutendes Originalstück ist die Schiffsmaschine des ersten badischen Bodenseedampfers „Leopold“ mit oszillierenden Zylindern zu nennen, die Ammann aus einem Haufen Schrott wieder erstehen ließ.

Die vierte Abteilung, für deren Einrichtung Dr.-Ing. Roland Eisenlohr (Karlsruhe) gewonnen wurde, war eine der ersten nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten geordnete Lehrmittelsammlung für den Luftfahrzeugbau in Deutschland. Neben einigen Flugzeugen und einer Reihe von Flugzeuggerippen ist eine große Zahl von Konstruktionsteilen in Holz und Metall gesammelt und systematisch geordnet. Die Entwicklung des Luftschiffbaues wird in Plänen, graphischen Darstellungen, sowie durch interessante Einzelteile (Gerippeteile aus Duraluminium und Holz) gezeigt.

Als Ziel hat Ammann einen fortlaufenden chronologischen Ausbau aller Abteilungen im Auge, um so einen Überblick über die Entwicklung des heimischen Verkehrswesens zu geben und der Forschung und Lehre ein nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten geordnetes Material zur Verfügung zu stellen.

Das Institut.

Schon frühzeitig war der Plan zu einem Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen gefaßt worden. Allein der Krieg verhinderte die Verwirklichung, die um so gebotener erschien, als sowohl im Eisenbahn- wie im Straßenbau eine Reihe von Problemen der wissenschaftlichen Durchforschung und Klärung harrte.

Gleich nach dem Kriege begann Ammann mit den Vorarbeiten zur Einrichtung seines Instituts, das im Jahre 1921 Räume im Neubau der Bauingenieurabteilung beziehen konnte, die damals sehr reichlich schienen, jetzt aber schon beginnen knapp zu werden. Erst im Jahre 1924, als die unselige Inflationszeit vorüber war, die auch die Mittel verschlungen hatte, die zu Forschungsarbeiten und zum Ausbau des Instituts gesammelt waren, und als die wirtschaftliche Lage sich zu klären begann, konnte Ammann mit frischem Mute die Arbeit in seinem Institut aufnehmen; zuerst in kleinem Maßstabe, dann, als ihm bei dem Vertrauen, das er an allen maßgebenden Stellen genießt, wieder neue Mittel zuflossen, in größerem Maße. Heute ist schon eine Reihe von bedeutenden Forschungsarbeiten durchgeführt, weitere sind in Vorbereitung.

Zunächst wurden mehrere Schotterarten auf ihre Eignung als Bettungsstoff untersucht, dann wurden verschiedene Spannmittel (Federringe und Spannplatten) geprüft und miteinander verglichen. Weiter wurden Versuche über die Beweglichkeit der Schienenenden zwischen Stoßlaschen angestellt. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind in der Festschrift zur Hundertjahrfeier der Technischen Hochschule Karlsruhe 1925 veröffentlicht.

Die Untersuchung der Spannmittel, insbesondere von Federringen ist bis in die jüngste Zeit fortgesetzt worden, mit dem Erfolg, daß die Industrie auf Grund der Versuchsergebnisse die Federringe in Material und Konstruktion so verbessert hat, daß die Leistung und Lebensdauer der Federringe jetzt ein Vielfaches von dem beträgt, was 1925 festgestellt werden konnte.

Auch die Untersuchungen über die Beweglichkeit der Schienenenden wurden weitergeführt, über die Ergebnisse ist in diesen Blättern berichtet*). Hieran schlossen sich die wichtigen Versuche über die Wirkung von Längskräften im Gleis, über die gleichfalls schon früher berichtet wurde**) und deren neueste Ergebnisse in dieser Nummer mitgeteilt werden.

Gleichzeitig mit diesen Forschungen wurden Prüfungen verschiedener Laschenschrauben auf ihre Eigenschaften, insbesondere auch auf ihr Verhalten gegenüber Dauerbelastung vorgenommen und Dauerversuche mit dem geschweißten Oberbau K auf Eisenschwellen unter Wechselbelastung ausgeführt. Über diese für das Reichsbahnzentralamt gemachten Untersuchungen sind bisher noch keine Veröffentlichungen erschienen.

Zur Zeit werden Versuche zur Bestimmung der Bettungsziffer mit einer neuen, nach Angaben von Ammann vom Losenhausenwerk gebauten Dauerprüfmaschine durchgeführt. Die recht bedeutenden Mittel zur Beschaffung dieser Maschine stellte die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft zur Verfügung. Die Erforschung der Längskräfte im Gleis wird fortgesetzt.

Das Institut verfügt über eine eigene kleine Werkstatt, in der ein Teil der bei den Versuchen verwandten Apparate und Meßinstrumente hergestellt werden konnte.

Als im Jahre 1927 an den Technischen Hochschulen die Forschungsstellen für Straßenbau gegründet wurden, wurde der Vorsitz der Forschungsstelle Karlsruhe einstimmig Ammann übertragen. Zur Forschungsstelle gehören außer seinem Institut, dem noch die Untersuchungsanstalt für bituminöse Baustoffe angegliedert wurde, die bautechnische Versuchsanstalt für Beton und Eisenbeton (Prof. Probst) und die Versuchsanstalt für Holz, Stein, Eisen (Prof. Gaber).

Während den beiden letztgenannten Instituten und der Abteilung für bituminöse Baustoffe die Prüfung der Straßenbaustoffe obliegt, hat Ammann sich vor allem die Aufgabe gestellt, die Wechselwirkung von Straße und Fahrzeug zu erforschen. Zu diesem Zwecke ist zunächst nach seinen Angaben eine besondere Maschine gebaut worden, welche eine sehr beschleunigte Prüfung der Straßendecken zuläßt, unter Verhältnissen, die den tatsächlichen auf der Verkehrsstraße sehr ähnlich sind; gleichzeitig können Reifen, Federn, Kugellager u. a. m. geprüft werden. Der Durchmesser der Prüfbahn dieser Maschine beträgt 20 m; die zu untersuchende Straßenfläche rund 100 qm.

Weiter wird der Messung der Verkehrserschütterungen besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Auch für diesen Zweck sind Spezialinstrumente konstruiert worden.

Über alle diese neuen Forschungen wird am geeigneten Ort berichtet werden.

In kurzer Zeit ist hier viel geleistet worden, wichtige Fragen sind geklärt, bleibende Werte wurden geschaffen. Wenn Ammann rückschauend im Geiste sein Arbeitsfeld überblickt, so kann er wohl zufrieden sein und freudig in die Zukunft blicken.

---

*) Organ 1927, Heft 5.

**) Organ 1928, Heft 16.

Versuche über die Wirkung von Längskräften im Gleis.

II. Teil.

Von Prof. Dr. Ing. **Otto Ammann** und Privatdozent Dr. Ing. **v. Gruenewaldt,** Karlsruhe.

Hierzu Tafel 12.

I. Temperatur- und Längenänderungen.

Die Messungen der Temperatur von Schiene, Schwelle und Bettung bei gleichzeitiger Messung der Lufttemperatur sind auf dem Gleisprüfstand des Instituts für Straßen- und Eisenbahnwesen fortgesetzt worden und haben die früheren Ergebnisse*) bestätigt. An einem besonders heißen Tage, dem 12. Juli 1928 wurden die Temperaturen stündlich von 4 bis 22 Uhr gemessen, die tiefste Temperatur der Luft betrug an diesem Tage 11°C (um 5 Uhr), die höchste (um 15 Uhr) 39°C; die tiefste Temperatur der Schiene war 12,5° (um 5 Uhr), die höchste 45,5° (um 17 und 18 Uhr) bei gleichzeitigen Lufttemperaturen von 38° und 37°.

Die Höchsttemperatur der Schiene lag also an diesem Tage um 6,5° höher als die höchste am gleichen Tage 2 bis 3 Stunden vorher gemessene Lufttemperatur und um 7,5° bis 8,5° höher als die gleichzeitigen Lufttemperaturen. Sowohl die Schiene als auch das Thermometer zur Messung der Lufttemperatur waren der direkten Sonnenbestrahlung ausgesetzt. Bei der Art der Anbringung des Thermometers zur Messung der Schienentemperatur in einem Laschenstück an der nördlichen Seite der von Ost nach West verlegten Schiene ist die tatsächliche Schienentemperatur wohl noch um ein Geringes höher gewesen als die gemessene. Die Temperaturschwankung der Schiene betrug 33° in 12 Stunden. Der vorhergehende Tag war gleichfalls warm gewesen, es wurden Temperaturen von 31,5° in der Luft und 40° in der Schiene gemessen (Differenz 8,5°); die Temperaturschwankung war mithin keine außergewöhnlich starke, durch besondere Umstände bewirkte, sondern durch die normale Abkühlung in der Nacht und Erwärmung am Tage hervorgerufen. Man kann bei Gewittern und ähnlichen meteorologischen Erscheinungen mit noch stärkeren schnellen Temperaturschwankungen rechnen. Mit der gemessenen Höchsttemperatur von 44,5° ist aber keineswegs das in Deutschland mögliche Maximum erreicht; bei Gleisarbeiten in Baden sollen z. B. im Sommer 1928 unmittelbar neben der Schiene Lufttemperaturen von 55° gemessen worden sein. Man wird daher mit einer Höchsttemperatur der Schiene bis zu 60°C rechnen müssen, wobei allerdings diese Temperatur nur ganz ausnahmsweise zu erwarten ist, eine solche von 50° aber schon häufiger vorkommen kann.

Nimmt man als Tiefsttemperatur der Schiene — 30° an, so ergibt sich ein Temperaturunterschied von 80 bis 90°. Wird die Schiene bei einer mittleren Temperatur von etwa + 15° verlegt, so ergeben sich schon allein aus verhinderter Längenänderung Druck- oder Zugspannungen von $\alpha E \Delta t = 0{,}000012 \times 2200000 \times 45 = 1200$ kg/cm². Da nun Druckkräfte für das Gleis wegen der Verwerfungsgefahr unangenehmer sind als Zugkräfte, so wäre zu überlegen, ob nicht die Verlegungstemperatur der Schienen höher gewählt werden soll, als bisher üblich, so daß die Druckkräfte kleiner werden; allerdings werden hierdurch die Zugspannungen bei Kälte größer als bei Verlegung bei mittlerer Temperatur und damit beim Befahren auch die Gesamtbeanspruchung der Schiene. Langschienen, bei denen starke Temperaturspannungen auftreten müssen, sollten bei einer möglichst hohen Temperatur verlegt werden.

Gleichzeitig mit den Temperaturmessungen am Gleisprüfstand sind auch die Längenänderungen der Schiene gemessen worden, die stets hinter dem Wert $\alpha l \Delta t$ zurückbleiben. Es ergab sich keine einfache Beziehung zwischen Längen- und Temperaturänderung. Als Ergebnis der durchgeführten Messungen konnte aber doch festgestellt werden, daß der Widerstand der Bettung gegen Längenänderung der Schienen im Sommer etwa 12 kg je cm Gleislänge beträgt, ein Wert, der sich auch aus den verschiedenen Versuchen zur Bestimmung des Widerstandes der Bettung gegenüber einer Längsbewegung des Gleises durch äußere Kräfte früher ergeben hat und durch die nachstehend beschriebenen neuen Versuche bestätigt wurde.

Im Winter bei zusammengefrorenem Schotter ist dieser Widerstand größer und beträgt etwa 16 kg/cm. Diese Widerstandswerte sind jedoch nicht konstant, sondern nehmen mit zunehmender Längsbewegung zu. Der Wert 12 kg/cm kann als Mittelwert bei dem untersuchten Gleis gelten.

Eine genaue Berechnung der tatsächlichen Längenänderung der Schiene als Funktion der Temperatur und der Widerstände läßt sich, wie schon Wattmann*) zeigt, im allgemeinen nicht durchführen, wohl aber läßt sich das mögliche Maximum der Längenänderung einer Schiene genau bestimmen, ebenso die Größe der bei verhinderter Längenänderung in der Schiene auftretenden Längskräfte.

Bei vollkommen verhinderter Längenänderung ist die Längskraft $\alpha E F \Delta t$ in kg, wo α der Temperaturdehnungskoeffizient des Stahls, E das Elastizitätsmaß in kg/cm², F der Schienenquerschnitt in cm² und Δt die Temperaturänderung in °C sind. Der Wert beträgt bei S 49 1650 kg je 1° Temperaturänderung.

Nemcsek**) hat die Gleichungen abgeleitet, nach denen die Längenänderung einer zunächst spannungslosen Schiene infolge der Änderung der Temperatur bei Berücksichtigung der dieser Längenänderung entgegenwirkenden Widerstände bestimmt wird.

Diese Gleichungen seien hier zunächst mit etwas abgeänderten Bezeichnungen und z. T. ergänzt wiedergegeben, die von Nemcsek gemachten Voraussetzungen werden beibehalten und als bekannt vorausgesetzt. Weiter wird gezeigt werden, daß sich auf Grund dieser Gleichungen auch für die Schiene mit Vorspannung eine exakte Beziehung zwischen Temperaturänderung, Widerständen und Längenänderung finden läßt.

Es bedeuten im folgenden:

l = die halbe Länge einer Schiene in cm;

z = die Länge des sich dehnenden oder zusammenziehenden Teils der Schiene in cm, gemessen vom freien Ende;

z_0 = der seine Länge bei einer bestimmten Temperaturdifferenz und bei gegebenen Widerständen ändernde Teil eines Schienenendes in cm. Im Abstand z_0 vom freien Ende der Schiene ist die die Dehnung bewirkende Kraft $\alpha E F \Delta t$ gleich der Summe der die Längenänderung behindernden Widerstände. Im Teil $l - z_0$ der halben Schiene findet keine Längenänderung (und Bewegung) statt; infolge der verhinderten Längenänderung entsteht hier eine Spannung von $\alpha E \Delta t$ kg/cm².

Δz = die Längenänderung in cm;

Δz_0 = die Längenänderung des Schienenteils von der Länge z_0 in cm;

*) Vergl. Organ 1928, S. 308 ff.

*) Vergl. Organ 1928, S. 191 ff. Die Abhandlung wird im folgenden als bekannt vorausgesetzt.

**) Vergl. Organ 1928, S. 305 ff.

p = den der Längenänderung infolge der Reibung der Schiene in den Befestigungsteilen und an der Schwelle, sowie der Schwelle an der Bettung entgegenwirkenden Widerstand in kg je cm Schienenlänge;
P = den Reibungswiderstand in den Laschen eines Stoßes in kg.

Bei einer verlaschten Schiene ist die die Längenänderung bewirkende Kraft im Abstand z vom freien Ende:

$$S = \alpha E F \varDelta t - (p z + P) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

und entsprechend $\frac{\varDelta l}{l} = \frac{\sigma}{E} = \frac{S}{EF}$ ergibt sich aus

$$\varDelta d z = \frac{d z}{E F} (\alpha E F \varDelta t - p z - P)$$

$$\varDelta z = \alpha z \varDelta t - \frac{p z^2}{2 E F} - \frac{P z}{E F} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

Ferner ist:

$$z_0 = \frac{\alpha E F \varDelta t - P}{p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 3)$$

$$\varDelta z_0 = \frac{\alpha^2 E F \varDelta t^2}{2 p} - \frac{P \alpha \varDelta t}{p} + \frac{P^2}{2 p E F} = \frac{(\alpha E F \varDelta t - P)^2}{2 p E F} = \frac{z_0{}^2 p}{2 E F} \, . \, . \, 4)$$

z_0 muß größer oder gleich Null sein, hier liegt also die Grenze der Gültigkeit der Gleichungen 3) und 4). Ist $P > \alpha E F \varDelta t$, so bleibt $z_0 = 0$ und die durch die Temperaturänderung hervorgerufene Kraft ist $\alpha E F \varDelta t$.

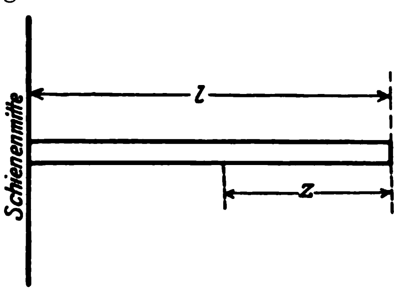


Abb. 1.

In Abb. 1, Taf. 12 sind die Werte von z_0 und $\varDelta z_0$ nach den Gl. 3) und 4) für Temperaturdifferenzen von 0 bis 40° und zwar für p = 6 kg/cm Schienenlänge und für verschiedene Werte von P aufgetragen. Die Abszissen der Nullpunkte der $z_0/\varDelta t$- und der $\varDelta z_0/\varDelta t$-Linien geben die größte Temperaturdifferenz $\varDelta t_0$ an, bei der gerade noch keine Längenänderung stattfindet. Diese Temperaturdifferenz ist unabhängig von p und eine geradlinige Funktion von P:

$$\varDelta t_0 = \frac{P}{\alpha E F}.$$

(Man kann daher die Gleichung 3) auch schreiben:

$$z_0 = \frac{\alpha E F (\varDelta t - \varDelta t_0)}{p}.)$$

Bei Temperaturdifferenzen unter $\varDelta t_0$ findet keine Längenänderung statt.

Trägt man die Längenänderungen $\varDelta l$ einer Schiene von gegebener Länge 2 l über den Temperaturdifferenzen $\varDelta t$ auf, so ergibt sich für $\varDelta l$ zunächst von $z_0 = 0$ (entsprechend $\varDelta t_0$) bis zu $z_0 = l$ (entsprechend $\varDelta t_l$) eine Parabel nach der Gleichung (4), deren Scheitel auf der Abszissenachse im Abstand $\varDelta t_0$ vom Koordinatenanfangspunkt liegt; von $\varDelta t_l$ ergibt sich eine Gerade nach der Gleichung:

$$\varDelta l = \alpha l \varDelta t - \frac{p l^2}{2 E F} - \frac{P l}{E F},$$

welche die Parabel in dem Punkte berührt, dessen Abszisse gleich $\varDelta t_l$ ist, (wo $\varDelta t_l$ die Temperaturdifferenz darstellt, bei der $z_0 = l$ wird).

Die Konstruktion der Geraden erfolgt in bekannter Weise, indem man vom Scheitelpunkt der Parabel die $\varDelta t_l$ entsprechende Ordinate $\varDelta z_0$ für $z_0 = l$ nach unten abträgt und durch den hierdurch bestimmten Punkt und den Berührungspunkt (Abszisse $\varDelta t_l$, Ordinate $\varDelta z_0$) die Gerade hindurchzieht. (In Abb. 1, Taf. 12 gestrichelt für P = 30000 kg und 50 m Schienenlänge, also l = 25 m).

Die größte Längenänderung einer **halben** Schiene ist mithin für einen gegebenen Temperaturunterschied bei

$$l > z_0$$

(Längenänderung eines Teiles der Schiene)

$$\varDelta l = \varDelta z_0 = \frac{(\alpha E F \varDelta t - P)^2}{2 p E F} = \frac{z_0{}^2 p}{2 E F}$$

und bei $l < z_0$ (Längenänderung der ganzen Schiene)

$$\varDelta l = \alpha l \varDelta t - \frac{p l^2}{2 E F} - \frac{P l}{E F}.$$

Die vorstehenden Gleichungen ergeben die Längenänderung einer Schiene, die vor Beginn der Längenänderung spannungslos war; bei jeder Temperaturänderung werden aber in der Schiene Kräfte hervorgerufen, die gleich sind den überwundenen Widerständen, die einen Höchstwert von (pl + P) erreichen können. Bei einer Temperaturumkehr müssen also zunächst außer den Reibungswiderständen noch diese Kräfte überwunden werden; die die Längenänderung bewirkende Temperaturdifferenz muß daher einer Kraft entsprechen, die den Höchstwert 2 (pl + P) erreichen kann.

Besitzt eine Schiene Vorspannung aus vorhergegangener Temperatureinwirkung, so ändert sie ihre Länge infolge eines weiteren Temperatureinflusses nur auf der Strecke:

$$z_0' = \frac{\alpha E F \varDelta t - 2 P}{2 p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 5)$$

Diese Gleichung tritt für eine Schiene mit Vorspannung an die Stelle der Gleichung 3) bei der vorspannungsfreien Schiene.

Bei aufeinanderfolgenden Messungen von Temperaturänderungen mit gleichen Vorzeichen sind alle diese Änderungen für die Berechnung zusammenzuzählen, man muß die Längenänderungen von Temperaturwendepunkt zu Temperaturwendepunkt bestimmen (abwechselnd Steigen und Fallen der Temperatur). Die Längenänderungen bei steigender und fallender Temperatur unterscheiden sich bei gleicher Temperaturdifferenz und gleichen Widerständen nur durch das Vorzeichen: bei steigender Temperatur findet eine positive Längenänderung — eine Dehnung — statt und es wird eine Druckspannung in der Schiene erzeugt, bei sinkender Temperatur ist die Längenänderung negativ — eine Zusammenziehung — und es wird eine Zugspannung erzeugt. Im folgenden wird angenommen, daß die Temperatur zuerst steigt und dann fällt (die umgekehrte Annahme würde genau die gleichen Werte ergeben, nur mit umgekehrtem Vorzeichen).

Bei abwechselnd steigender und fallender Temperatur sind vor allem drei Fälle zu unterscheiden:

1. bei steigender und fallender Temperatur ist $l < z_0$ und z_0', d. h. $\alpha E F \varDelta t$ ist größer als 2 (pl + P) und es findet stets eine Längenänderung der ganzen Schiene statt;
2. bei steigender Temperatur ist $l < z_0$ und z_0' (volle Längenänderung), bei fallender Temperatur ist $l > z_0'$ (teilweise Längenänderung);
3. bei steigender und fallender Temperatur ist $l > z_0'$.

1. Bei steigender und fallender Temperatur ist $z_0 > l < z_0'$.

Bei jeder Temperaturänderung wird in der Schiene die Höchstkraft ± (pl + P) erzeugt.

Bei Ausgang vom spannungslosen Zustand ist:

$$\varDelta_1 l = \alpha l \varDelta t_1 - \frac{p l^2}{2 E F} - \frac{P l}{E F}$$

$$-\varDelta_2 l = -\int_0^l \frac{d z}{E F} (\alpha E F \varDelta t_2 - 2 p z - 2 P)$$

$$= -\alpha l \varDelta t_2 + \frac{p l^2}{E F} + \frac{2 P l}{E F},$$

dann ist die ganze Längenänderung nach einmaligem Steigen und Fallen der Temperatur:

$$\Delta_{1-2} l = \alpha l (\Delta t_1 - \Delta t_2) + \frac{p l^2}{2 E F} + \frac{P l}{E F}$$

die Längenänderung infolge des nächsten Temperaturanstiegs ist:

$$\Delta_3 l = \alpha l \Delta t_3 - \frac{p l^2}{E F} - \frac{2 P l}{E F}$$

und im ganzen:

$$\Delta_{1-2+3} l = \alpha l (\Delta t_1 - \Delta t_2 + \Delta t_3) - \frac{p l^2}{2 E F} - \frac{P l}{E F}$$

usw.

es ist also, wenn n eine gerade Zahl von Temperaturbewegungen ist (gleich viele Male Ansteigen wie Fallen der Temperatur:

$$\Delta_{1-2 \ldots -n} l = \alpha l \sum_o^n \Delta t + \frac{p l^2}{2 E F} + \frac{P l}{E F} \quad . \quad . \quad . \quad 6)$$

Diese Dehnung ist um den Betrag $\frac{l}{E F}$ (pl + 2 P) größer als sie sich ohne Berücksichtigung der Vorspannungen bei unmittelbarem Anstieg der Temperatur zum entsprechenden Endwert ergeben würde; $\Delta_n l$ ist immer kleiner als $\Delta_{n-1} l$ oder $\Delta_{n+1} l$, weil bei ungerader Zahl von Temperaturänderungen die letzte positiv wirkt. Die Dehnung bei ungerader Zahl von Temperaturwechseln ist:

$$\Delta_{1-2 \ldots +n+1} l = \alpha l \sum_o^{n+1} \Delta t - \frac{p l^2}{2 E F} - \frac{P l}{E F} \quad . \quad . \quad . \quad 7)$$

Die Gesamtdehnung ist bei abwechselndem Steigen und Fallen der Temperatur und ungerader Zahl der Temperaturänderungen die gleiche, als ob die Temperatur direkt um den Betrag ($\Delta t_1 - \Delta t_2 \ldots + \Delta t_{n+1}$) gestiegen wäre. Der Höchstwert der Dehnung ergibt sich bei $l < z_o'$ unter Berücksichtigung der durch die Temperaturänderungen hervorgerufenen Vorspannungen ebenso groß wie bei der spannungslosen Schiene.

Allerdings müssen, damit l immer kleiner ist als z_0', die Temperaturunterschiede recht bedeutend sein, da Δt_1, Δt_2 usw. stets größer sein müssen als $\Delta t_1' = \frac{2 p l + 2 P}{\alpha E F}$, d. h. als der Temperaturunterschied, bei dem $z_o' = l$ wird. Schon der Temperaturunterschied, bei dem $z_0' = 0$ wird, also überhaupt keine Längenänderung stattfindet, $\Delta t_o' = \frac{2 P}{\alpha E F}$, ist bei verlaschten Schienen recht bedeutend: bei P = 30000 kg z. B. ist $\Delta t_o' = 36{,}5^0$, eine Temperaturschwankung, die nur selten vorkommt.

Nach Gleichung 5) lassen sich z_o' und $\Delta t_o'$ in gleicher Weise zeichnerisch darstellen wie z_o und Δt_o: man zieht die Gerade $\frac{\alpha E F \Delta t}{2 p}$ und dazu Parallelen im Abstande $\frac{P}{p}$; die Ordinaten dieser Geraden sind die den verschiedenen Werten von P entsprechenden Längen z_o', die Nullpunkte der Geraden geben mit der Abszissenachse die jeweiligen $\Delta t_o'$ an.

2. Bei steigender Temperatur ist $z_o > l < z_o'$, bei fallender ist $l > z_o'$.

In diesem Falle hinterläßt die steigende Temperatur eine Spannung (pl + P), die fallende eine entgegengesetzt gerichtete, die kleiner ist als (pl + P).

Die Dehnung aus dem spannungslosen Zustand ist hier auch:

$$\Delta_1 l = \alpha l \Delta t_1 - \frac{p l^2}{2 E F} - \frac{P l}{E F},$$

die zurückbleibende Höchstspannung (pl + P); die nächste Zusammenziehung ist bei $z_o'_2 > 0$, entsprechend $\alpha E F \Delta t_2 > 2 P$

$$\Delta_2 l = \alpha z_o'_2 \Delta t_2 - \frac{p z_{o2}'^2}{E F} - \frac{2 P z_o'_2}{E F} \quad . \quad . \quad . \quad 8)$$

Die hierauf folgende Dehnung ergibt sich zu:

$$\Delta_3 l = \Delta z_1 + \Delta z_2$$

wo Δz_1 die Dehnung des Schienenteils von 0 bis $z_o'_2$ und Δz_2 die Dehnung von $z_o'_2$ bis l bedeutet (siehe Abb. 2, Taf. 12 in der die verschiedenen Spannungszustände der Schiene dargestellt sind).

Aus $\Delta d z_1 = \frac{d z_1}{E F} (\alpha E F \Delta t_3 - 2 p z_o'_2 - 2 P)$

ergibt sich:

$$\Delta z_1 = \int_o^{z_o'_2} \Delta d z_1 = \alpha z_o'_2 \Delta t_3 - \frac{p z_o'^2_2}{E F} - \frac{2 P z_o'_2}{E F};$$

aus

$$\Delta d z_2 = \frac{d z_2}{E F} (\alpha E F \Delta t_3 - 2 p z_o'_2 - 2 P)$$

ist

$$\Delta z_2 = \int_{z_o'_2}^{l} \Delta d z_2 = \alpha (l - z_o'_2) \Delta t_3 - \frac{2 p z_o'_2 (l - z_o'_2)}{E F} - \frac{2 P (l - z_o'_2)}{E F}$$

und

$$\Delta_3 l = \Delta z_1 + \Delta z_2 = \alpha l \Delta t_3 - \frac{2 p z_o'_2 l}{E F} + \frac{p z_o'^2_2}{E F} - \frac{2 P l}{E F} \quad . \quad . \quad 9)$$

Die Dehnung nach einmaligem Steigen und Fallen der Temperatur ist:

$$\Delta_{1-2} l = \alpha l \Delta t_1 - \alpha z_o'_2 \Delta t_2 - \frac{p (l^2 - 2 z_o'^2_2)}{2 E F} - \frac{P (l - 2 z_o'_2)}{E F}.$$

Sie ist kleiner als im ersten Falle.

Die Gesamtdehnung nach dem nächsten Temperaturanstieg ist:

$$\Delta_{1-2+3} l = \alpha l (\Delta t_1 - \Delta t_2 + \Delta t_3) + \alpha (l - z_o'_2) \Delta t_2 - \\ - \frac{p (l^2 - 4 z_o'^2_2 + 4 l z_o'_2)}{2 E F} - \frac{P (3 l - 2 z_o'_2)}{E F} \quad . \quad . \quad 10)$$

und da

$$\alpha \Delta t_2 = \frac{2 p z_o'_2 + 2 P}{E F} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 11)$$

ist, so wird:

$$\Delta_{1-2+3} l = \alpha l (\Delta t_1 - \Delta t_2 + \Delta t_3) - \frac{p l^2}{2 E F} - \frac{P l}{E F}.$$

Bei $z_o'_2 = 0$ ist $\alpha E F \Delta t_2 = 2 P$ und $\Delta t_2 = \Delta t_0'$, es sind dann $\Delta_2 l = 0$, $\Delta z_1 = 0$ und es wird $\Delta_3 l = \Delta z_2$;

$$\Delta_3 l = \alpha l \Delta t_3 - \frac{2 P l}{E F} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 9')$$

und

$$\Delta_{1-2+3} l = \alpha l (\Delta t_1 + \Delta t_3) - \frac{p l^2}{2 E F} - \frac{3 P l}{E F} \quad . \quad 10')$$

Da $\alpha \Delta t_2 = \alpha \Delta t_o' = \frac{2 P}{E F}$, so wird auch jetzt wie vorhin

$$\Delta_{1-2+3} l = \alpha l (\Delta t_1 - \Delta t_2 + \Delta t_3) - \frac{p l^2}{2 E F} - \frac{P l}{E F}.$$

Bei $\alpha E F \Delta t_2 < 2 P$ oder ($\Delta t_2 < \Delta t_o'$) ergibt sich:

$$\Delta_3 l = \alpha l (\Delta t_3 - \Delta t_2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 9'')$$

und wieder

$$\Delta_{1-2+3} l = \alpha l (\Delta t_1 - \Delta t_2 + \Delta t_3) - \frac{p l^2}{2 E F} - \frac{P l}{E F} \quad 10'')$$

Eine Weiterführung der Rechnung ergibt, daß, wenn bei steigender Temperatur $l < z_o'$ ist,

$$\Delta_{1-2-\ldots+n+1} l = \alpha l \sum_o^{n+1} \Delta t - \frac{p l^2}{2 E F} - \frac{P l}{E F} \text{ ist,} \quad . \quad . \quad 12)$$

es ist also auch in diesem Fall der Höchstwert der Dehnung bei Berücksichtigung der durch die Temperaturänderungen hervorgerufenen Spannungen der gleiche wie bei der vorspannungslosen Schiene.

3. Bei steigender und fallender Temperatur ist $l > z_o'$.

Da die Dehnung bei $l > z_0'$ für jede Temperatursteigerung kleiner ist als im vorher betrachteten Fall, so wird auch der Höchstwert der Gesamtdehnung stets kleiner sein als bei den bisher behandelten Fällen.

Geht man bei der fortlaufenden Berechnung der Längenänderung wieder vom spannungslosen Zustand aus und rechnet in gleicher Weise wie vorher, so ergeben sich für $\Delta_{1-2+3}l$ Gleichungen, die verschiedene Funktionen von z_{01}', z_{02}' und $z_0'{}_3$ und damit auch von Δ t sind, je nach der relativen Größe von $z_0'{}_1$, $z_0'{}_2$ und $z_0'{}_3$.

Eine Wiedergabe dieser nicht schwierigen, aber langen Berechnungen ist hier nicht erforderlich und kann daher unterbleiben. Ein Blick auf die Abb. 3, Taf. 12 zeigt, daß die Dehnung $\Delta_{1-2+3}l$ in den verschiedenen Fällen eine Summe verschiedener Funktionen von z_{01} usw. ergibt. Ist außerdem noch für die eine oder andere Temperaturänderung $l < z'_0$, so wächst die Zahl der möglichen Funktionen noch mehr an, es läßt sich also, wie schon Wattmann sagt, aus Messungen der Längenänderungen der Schiene infolge von Temperaturänderungen, die nicht beim spannungslosen Zustand beginnen, der Spannungszustand der Schiene nicht bestimmen*), ebenso ist es nicht möglich, aus einer der mehreren aufeinanderfolgenden Messungen die einer Längenänderung entgegenstehenden Widerstände zu berechnen, da die Struktur der nach den Messungen aufzustellenden Gleichungen sich im allgemeinen nicht vorher bestimmen läßt. Je nach der Vorspannung kann u. U. eine kleine Temperaturänderung eine verhältnismäßig große Längenänderung bewirken und umgekehrt.

Eine exakte Ermittlung dieser Werte ist aber auch nicht notwendig, da die Höchstwerte der Längenänderungen und Längskräfte ohnedies einfach zu bestimmen sind und die Längskraft in der Schiene den Wert $\alpha E F \Delta t_{max}$ nicht überschreiten kann, wobei Δt_{max} von der Verlegungstemperatur nach unten oder oben gerechnet wird.

Die den größtmöglichen Längenänderungen verschiedener Schienenlängen entsprechenden Stoßlücken lassen sich ohne Schwierigkeit ermitteln, wenn nur die Werte p und P bekannt sind. Diese Werte lassen sich für jeden Oberbau durch Versuche feststellen, die z. B. in Karlsruhe für den Reichsoberbau B auf eisernen Schwellen durchgeführt worden sind.

Der Höchstwert der Längenänderung einer Schiene unter wechselnden Temperatureinwirkungen ergibt sich zu:

$$a = \Delta l_{max_{pos}} + \Delta l_{max_{neg}} = \alpha z_{01} \Delta t_{max_{pos}} + \alpha z_{02} \Delta t_{max_{neg}} - \frac{p(z_{01}^2 + z_{02}^2)}{2EF} - \frac{P(z_{01} + z_{02})}{EF} \quad . \; . \; . \; 13)$$

wo $\Delta t_{max_{pos}}$ und $\Delta t_{max_{neg}}$ der Unterschied zwischen der größten oder kleinsten Temperatur und der Verlegungstemperatur der Schiene ist, z_{01} und z_{02} die entsprechenden Teile der Schiene, deren Länge sich ändert; $\Delta t_{max_{pos}}$ und $\Delta t_{max_{neg}}$ betragen nach dem Vorhergehenden für unser Klima etwa $+40^0$C und -40^0C$=\pm \Delta t_{max}$, es ist dann bei $l > z_{o_{max}}$:

$$a = 2\left(\alpha z_{o_{max}} \Delta t_{max} - \frac{p z_o^2}{2EF} - \frac{P z_o}{EF}\right) \quad . \; . \; 14)$$

und bei $l < z_{o_{max}}$:

$$a = 2\left(\alpha l \Delta t_{max} - \frac{p l^2}{2EF} - \frac{P l}{EF}\right) \quad . \; . \; . \; 15)$$

Die erforderliche Stoßlückenweite ist das Doppelte der größten Längenänderung, die für die halbe Schiene berechnet würde, also 2a, z. B. bei p=6 kg/cm und P=30000 kg für eine 30 m lange Schiene S 49 ist 2a=13,6 mm.

Man muß sich aber bei der Bemessung von Stoßlücken und bei der Bestimmung der Schienenlänge klar sein, daß in einer der Temperatureinwirkung ausgesetzten Schiene stets Längsspannungen vorhanden sind, die schon durch die Reibung in den Laschen allein beträchtliche Werte erreichen können. Je kürzer eine Schiene ist (bei $l < z_o$), um so kleiner ist bei möglicher Längenänderung die größte Längskraft, die sie aufzunehmen hat $(pl+P) < \alpha E F \Delta t_{max}$; bei $l = z_{o_{max}}$ ergibt sich im Querschnitt in der Mitte der Schiene die Kraft $(pl+P) = \alpha E F \Delta t_{max}$. Ist $l > z_{o_{max}}$, so ist diese Kraft auf einer größeren Länge 2 $(l - z_{o_{max}})$ vorhanden, so daß u. U. Knickgefahr entstehen kann.

In Abb. 4, Taf. 12 sind über der halben Schienenlänge l die größtmöglichen Kräfte S und die entsprechenden Spannungen σ in kg/cm² für die Schiene S 49, sowie die diese Kräfte und Spannungen hervorrufenden Temperaturdifferenzen Δ t für p=6 kg/cm und verschiedene Werte von P aufgetragen (bei genügenden Stoßlücken).

*) Bei Ausgang vom spannungslosen Zustand, also bei Messungen von der Verlegung der Schiene an, ist eine Auswertung der Messungen wohl möglich, wenn die Temperatur während der Verlegung konstant war.

II. Widerstände des Gleises gegen Längs- und Querverschiebung.

Die Untersuchung der durch Pressen hervorgebrachten Längskräfte und ihrer Auswirkungen im Gleis ist ebenfalls fortgesetzt worden.

Bei einem Versuch wurde ein Schienenstrang mit 60 t abgepreßt, während der andere unbelastet blieb, die Verschiebungen nach Seite und Höhe betrugen hierbei nur wenige Millimeter. Auch bei diesem Versuch wurde das Gleis durch einen schwingenden Balken gerammt, und zwar wurden 36 Stöße gegen den unbelasteten Strang geführt; die größte Ausbiegung des Gleises betrug nach dem Rammen 26 mm — ein Ausknicken erfolgte auch hierbei nicht.

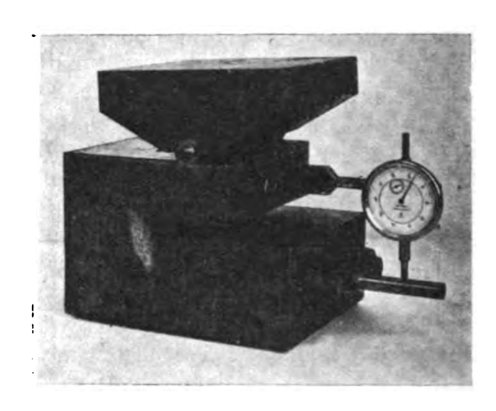


Abb. 2. Feder-Druckkraftmesser.

Um die Fortpflanzung des Drucks im Gleis und damit den Widerstand, den das Gleis einer Längenänderung entgegensetzt genauer zu messen als es bei den bisherigen Versuchen möglich war, wurden zwei besondere Feder-Druckkraftmesser entworfen und gebaut. Die Konstruktion dieser Apparate ist aus Textabb. 6 ersichtlich. Die Druckkraftmesser wurden so geeicht, daß ein Teilstrich der Meßuhrskala einer Tonne Druck entspricht.

Diese Druckkraftmesser wurden zwischen die Schienenenden und das westliche Widerlager des Gleisprüfstandes eingebaut und in mehreren Versuchen der übertragene Druck in Abhängigkeit vom Druck der am östlichen Widerlager wirkenden Pressen bestimmt. Vom Beginne der Belastung an wurde ein Teil des Drucks übertragen; die Kurve der übertragenen Drücke steigt zunächst sehr langsam und dann schneller an. Die hieraus errechnete Kurve des Gleiswiderstandes p zeigt entsprechend den umgekehrten Verlauf. Als Mittelwert von p ergab sich aus diesen Versuchen, ebenso wie aus den früheren, p=12 kg/cm Gleis oder je Schiene 6 kg/cm bei Pressendrücken von je 30 bis 60 t.

Die Messungen wurden bei gewöhnlich unterstopftem Gleis und bei nach dem Füllkastenverfahren verlegtem Gleis

durchgeführt. Überraschenderweise war der Widerstand im zweiten Falle geringer als im ersten und zwar um rund 10% — die Erklärung liegt darin, daß das normal unterstopfte Gleis schon längere Zeit lag und nachgearbeitet war, so daß der Schotter sich gut ineinander verzahnt hatte, während das Gleis nach dem Füllkastenverfahren unmittelbar vor dem Versuch neu verlegt worden war.

Bei allen diesen Versuchen ist zu beachten, daß sie im unbefahrenen Gleis ausgeführt worden sind. Die theoretischen Erwägungen und Berechnungen setzen einen gleichbleibenden Widerstand p des Gleises gegen Längsverschiebungen (Längenänderungen infolge von Temperatureinwirkungen) voraus. Es ist aber sehr wohl möglich, daß durch die beim Befahren aufeinanderfolgenden Belastungen und Entlastungen des Gleises dieser Wert p bedeutende Veränderungen erleiden kann, die u. U. stärkere Längenänderungen bewirken würden, als für das unbelastete Gleis ermittelt wurden; andererseits wird die Bettung aber durch das Befahren verdichtet und damit der Wert p erhöht. Es wird daher notwendig sein, noch vergleichende Temperatur- und Längenänderungsmessungen gleichzeitig in einem befahrenen und einem unbefahrenen Gleis durchzuführen, wobei beide Gleise auf die gleiche Art und zur selben Zeit zu verlegen wären. Mit den Messungen wäre dann von der Verlegung an zu beginnen — eine Ausdehnung der Messungen über einen längeren Zeitraum wird nicht erforderlich sein.

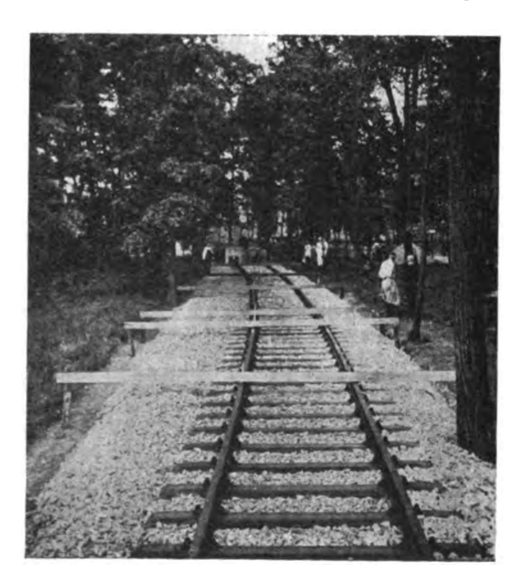


Abb. 3.

Bei einem weiteren Versuch wurde das Gleis in einem Bogen von 300 m Halbmesser verlegt und abgepreßt (siehe Textabb. 3). Hierbei konnte nicht tangential gedrückt werden, sondern der Druck mußte, entsprechend der Lage der Widerlager, nach der Sehne geführt werden; die Abweichung von der Tangente betrug $4^0\,20'$, es traten daher im Gleis auch geringe Biegungsspannungen auf. Diese geringe Abweichung der Druckrichtung von der Tangente spielte keine Rolle. Bei reiner Druckbeanspruchung wäre eine Kraft $S > (p_s . R =$ rund $1000 . 300 = 300000$ kg) erforderlich gewesen, um stärkere Verbiegungen des Gleises hervorzurufen, der Druck der Pressen betrug aber nur 120000 kg. Tatsächlich waren denn auch die horizontalen und vertikalen Bewegungen des Gleises gering, wenn auch etwas größer als beim geraden Gleis: die größte horizontale Verschiebung bei 2×60 t Pressendruck betrug 11 mm, die größte vertikale 18 mm. Die Verschiebungen nahmen mit der Entfernung von den Pressen ab.

Die am westlichen Widerlager gemessenen, durch die Schienen übertragenen Drücke zeigten, daß der Widerstand des gekrümmten Gleises gegen Längsbewegung annähernd der gleiche ist wie im geraden Gleis.

In zwei weiteren Versuchen wurde der Widerstand des Gleises gegen seitliche Verschiebung untersucht.

Beim ersten Versuch wurde mit einer Presse ein Druck senkrecht zur Schiene ausgeübt, wobei die Länge des Druckstempels längs der Schiene 30 cm betrug. Der Druck wurde von 0 bis 5 t gesteigert und die Bewegung an der gleichen Schiene gemessen, gegen die gedrückt wurde; es ergaben sich folgende Werte: bei 0 t—0 mm, 1 t—0,36 mm, 2 t—1,08 mm, 3 t —2,24 mm, 4 t —4,58 mm, 5 t —7,96 mm Durchbiegung. Nach Ablassen des Drucks blieb eine Durchbiegung von 4,42 mm bestehen. Ein Ausweichen aus der Geraden ließ sich auf einer Länge von rund 4,50 m feststellen. Bei einem Druck von 5 t ergibt sich ein mittlerer Widerstand des Gleises gegen Seitenverschiebung von $\frac{5000}{4{,}50} = 1100$ kg je Meter Schienenlänge.

Beim zweiten Versuch wurde der Druck durch beide Pressen über zwischengelegte I-Träger und Balken auf einer Länge von 4,80 m ausgeübt (Textabb. 4). Die horizontale

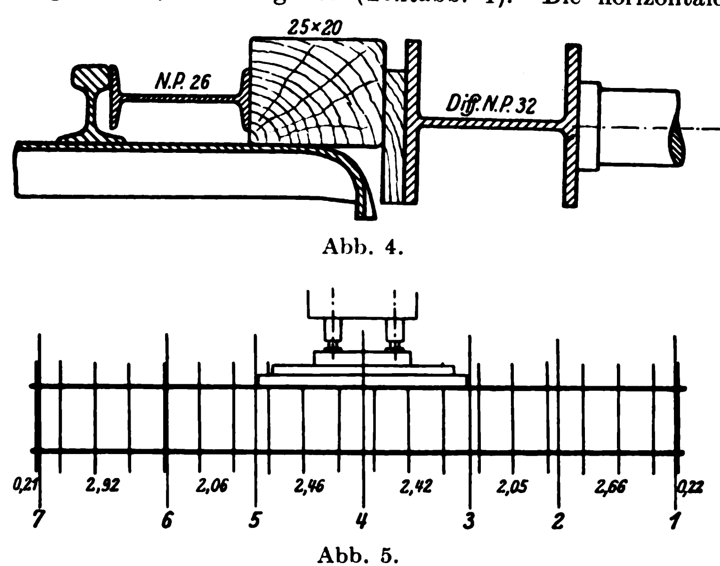


Abb. 4.

Abb. 5.

Bewegung des Gleises wurde an sieben Meßstellen an der von den Pressen abgewandten Schiene gemessen, die vertikale Bewegung an beiden Schienen. Die Anordnung der Meßstellen geht aus Textabb. 5 hervor.

An den Meßstellen 3 und 5 wurde die horizontale Bewegung bis zu einem Druck von 10 t durch Meßuhren genau bestimmt, im übrigen wurden Maßstäbe verwandt, die eine Meßgenauigkeit von 0,5 mm gestatteten.

Die Meßuhren zeigten eine Bewegung vom Beginn des Drückens an, wobei sich folgende Werte ergaben:

Druck	Horizontalbewegung mm	
	Meßstelle 3	Meßstelle 5
0	0	0
2	0,14	0,15
4	0,57	0,62
6	1,58	1,54
8	8,28	8,29

An den Meßstellen 2 und 6, die 9 m voneinander entfernt sind, war eine Bewegung bei 10 t und bei 8 t zu verzeichnen, das Mittel von 9 t entspricht einem mittleren Widerstand des Gleises gegen Querverschiebung $p_s = 1000$ kg je Meter Gleislänge. Bei den Meßstellen 1 und 7, die 14,5 m auseinander

liegen, war eine Bewegung bei 14 t zu merken, was den gleichen Wert $p_s = 1000$ kg/m ergibt. Weiter stieg der Druck bis auf 15 t an, um dann auf 14 t zu fallen und konstant zu bleiben, wobei sich das ganze Gleis verschob und hob. Es ist also der Widerstand des untersuchten neu verlegten Gleises gegen Querverschiebung $p_s = 1000$ kg/m*), beim eingefahrenen Gleis

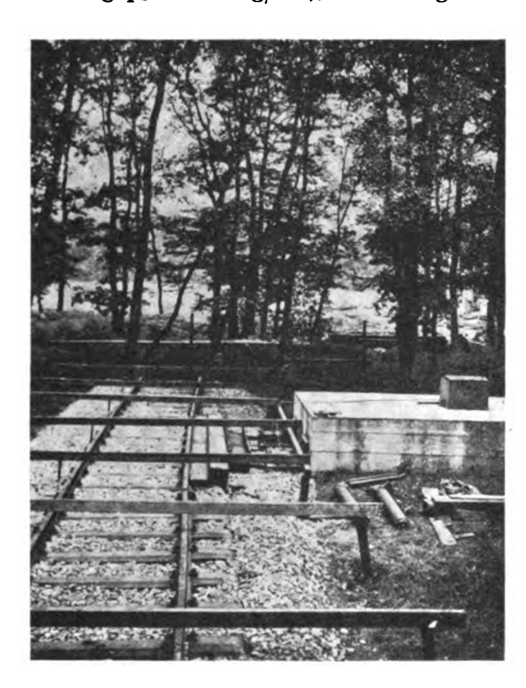


Abb. 6.

ist der Widerstand wohl größer. Beim Verschieben hoben die Schwellen sich aus dem Schotter heraus, den sie an der von den Pressen abgewandten Seite vor sich herschoben. Die Bewegung war in der Mitte des Gleises stärker als an den Enden, so daß das Gleis im Laufe des Versuchs Bogenform annahm (siehe Textabb. 6).

Die Querverschiebung des Gleises betrug zum Schluß des Versuches in der Mitte rund 150 mm, an den Enden rund 80 mm. Die Hebung des Gleises betrug an der westlichen Schiene im Mittel rund 15 mm, an der östlichen, unmittelbar dem Druck ausgesetzten rund 45 mm.

Mit diesem Versuch ist die Untersuchung des Oberbaues B auf eisernen Schwellen auf dem Gleisprüfstand vorläufig beendet und es sollen jetzt die gleichen Untersuchungen am Oberbau K auf Holzschwellen durchgeführt werden und vergleichende Versuche im Betriebsgleis vorgenommen werden, wozu die besondere Apparatur fertiggestellt ist.

Die Ergebnisse der bisherigen Versuche sind kurz zusammengefaßt:

Die Temperaturbewegung der Schiene folgt der Lufttemperatur im Abstand von einigen Stunden. Die Temperatur der Schiene steigt merklich über die in der Sonne gemessene Lufttemperatur an — in Deutschland kann mit einem Höchstwert von etwa 60° C gerechnet werden.

Die Längenänderungen der Schiene infolge der Temperaturänderungen entsprechen gut den rechnerisch ermittelten Werten**).

Die Ermittlung der Zusammenhänge von Längenänderung der Schiene, Temperaturänderung und Widerständen durch Messung ist nur möglich bei Ausgang vom spannungslosen Zustand, also von der Verlegung an.

Die Widerstandswerte für den untersuchten Oberbau B auf eisernen Schwellen sind:

Widerstand einer mit einem 60 cm langen Schlüssel fest angezogenen Laschenverbindung $P = 25000$ bis 30000 kg.

Widerstand des Gleises gegen Längsverschiebung im Mittel $p = 1200$ kg/m.

Widerstand des Gleises gegen Querverschiebung $p_s = 1000$ kg/m.

*) Dieser Wert ist geringer als der durch Herausziehen einzelner Schwellen gefundene Wert, was sich dadurch erklärt, daß beim Herausziehen der einzelnen Schwellen infolge der Form der Auflagerfläche Keilwirkungen entstanden (vergl. hierzu auch Zeitschr. d. V. d. I., Band 73, S. 160).

**) Wegen der Berechnung und ihren Grundlagen siehe außer vorliegendem Aufsatz die schon erwähnten Aufsätze von Nemcsek und Wattmann.

Beitrag zur Frage der Temperaturdehnung in Betriebsgleisen.

Von Reichsbahnbaumeister **Spangenberger**, Nürnberg.

Veranlaßt durch die Schienenschweißung hat man in letzter Zeit vielfach versucht, für die Schienen der Betriebsgleise den Zusammenhang zwischen der Temperatur und der Dehnung und damit der Längskraft festzustellen. Wie Nemcsek*) erwähnt, können dabei zwei verschiedene Wege beschritten werden: entweder stellt man durch Vergleich zahlreicher zusammengehöriger Messungen von Temperatur und Dehnung der Schiene eine Art Ausdehnungsbeiwert auf oder man ermittelt den Zusammenhang rein rechnerisch unter Verwendung einzeln gemessener Konstanten.

Auf dem ersten Weg stößt man zunächst auf Schwierigkeiten in der Temperaturbestimmung. Die Wärmestauung in der Schiene beträgt nämlich nach Wöhrl**) bis zu 50% der Lufttemperatur, die Versuchsreihen von Garn***) lassen auf einen ähnlichen Wert schließen; Prof. Knoblauch†) hat auf thermoelektrischem Wege bis zu 60% festgestellt. Es ist also bei allen derartigen Messungen grundsätzlich nicht die Temperatur der Luft, sondern die jeweilige Schienentemperatur zu messen, was sich am genauesten und bequemsten wohl thermoelektrisch erreichen läßt. Weiterhin sind, wie Reichsbahn-Inspektor Zimmermann*) und Regierungsbaumeister Wattmann**) zeigen, in dem Ergebnis derMessungen die Einflüsse vorangegangener Temperaturänderungen enthalten, sobald die Reibung eine nicht zu vernachlässigende Größe annimmt. Es kann also einem solchen Ausdehnungsbeiwert selbstverständlich nur die Bedeutung einer Faustformel beigemessen werden: zu Rückschlüssen auf die Größe der einzelnen Komponenten wie Reibung, Bettungsdruck usw. und damit auf die größtmögliche Längskraft ist er ungeeignet, solange nicht der Beweis erbracht wird, daß der Einfluß der rückliegenden Temperaturänderungen gegenüber dem der wenigen letzten, die rechnerisch zu erfassen sind, vernachlässigt werden kann.

Der rein rechnerische Weg bietet vor allem die Schwierigkeit, daß die Formeln außerordentlich verwickelt werden und daß sich insbesondere der Einfluß der vorangegangenen Temperaturänderungen wegen des sprungweise konstanten Reibungsgliedes noch viel weniger erfassen läßt. Sie erscheinen aber in dem Ausdruck für die größtmögliche verhinderte Dehnung, die, wie aus dem Aufsatze von Wattmann ersehen werden kann, beim ersten Anstieg der Temperatur vom Tiefst- zum Höchstpunkt eintritt, nicht und bilden also für das Endergebnis keine Fehlerquelle. Die Untersuchung mit einzeln

*) „Organ“, 1928, Heft 16.
**) „Organ“, 1927, Heft 1 und 2.
***) „Gleistechnik“, 1927, Heft 12, 17 und 19 und 1928, Heft 7.
†) „Gesundheitsingenieur“, 1918, Heft 42.

*) „Der Bahnbau“, 1927.
**) „Organ“, 1928, Heft 10.

ermittelten Konstanten hat **Wattmann** unter der Annahme, daß die Bettung nur Reibungskräfte überträgt, im Organ 1928, Heft 10 zeichnerisch-rechnerisch durchgeführt. Der mit der zunehmenden Verschiebung der Schwellen wachsende Widerstand*) blieb jedoch unberücksichtigt. Weiterhin hat **Nemcsek** im Organ 1928, Heft 16 diesen Fall rein rechnerisch untersucht und dabei auf die „Keilwirkung" des Schotters hingewiesen; die Ermittlung ihres Einflusses will er dem Versuch überlassen.

Im folgenden soll nun eine vom Verfasser bereits vor längerer Zeit angestellte Untersuchung mitgeteilt werden, wie sich eine solche Berücksichtigung des elastischen Bettungswiderstandes rechnerisch zu gestalten hätte, wenn die Konstanten vorher einzeln durch Versuche ermittelt sind. Für die Beurteilung der Knicksicherheit wäre in erster Linie die größtmögliche Längskraft zu bestimmen, daneben zur Nachprüfung die dabei auftretende Dehnung; die längste noch schweißbare Strecke ergibt sich dann aus der als zulässig erkannten Längskraft.

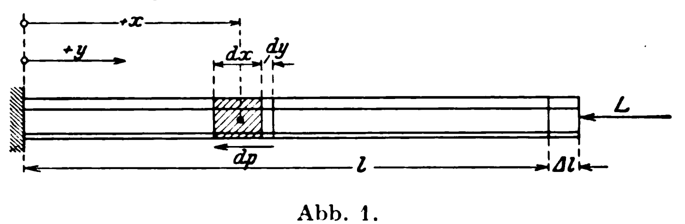


Abb. 1.

Es bezeichne:

l die halbe Länge der zusammenhängenden Schienenstrecke in cm,

ω den Ausdehnungsbeiwert des Flußstahles $\left(\frac{1}{92000} \text{ bis } \frac{1}{85000}\right)$,

t die größte vorkommende Temperaturdifferenz einschließlich der Wärmestauung (rund 90° C),

E das Elastizitätsmaß der Schiene (rund 2150000 kg/cm²),

F den Schienenquerschnitt in cm²,

p den als stetig angenommenen Widerstand der Bettung je Längeneinheit in kg/cm,

L die Längskraft in kg, die am Schienenende übertragen wird,

x die Abszisse auf der Schiene von Schienenmitte aus in cm,

y die im Punkte x auftretende Längsverschiebung in cm (positiv nach außen), und endlich

Δ l die Gesamtdehnung der Strecke l in cm.

Die Angriffspunkte und Kraftrichtungen sind der Abb. 1 zu entnehmen. Die Längskraft L ist in der Regel gleich dem größten Laschendrucke; bis sie diesen Wert erreicht, ist sie gleich ω t E F zu setzen.

I. Zunächst sei angenommen, daß die Befestigungsmittel ein Gleiten der Schienen auf den Unterlegplatten nicht zulassen, ferner daß der Bettungswiderstand bei der ersten Bewegung sofort in der Größe der Reibung einsetzt und allmählich steigt (vergl. Abb. 2 I).

Ein beliebiges Längenelement dx dehnt sich infolge der Erwärmung um t° um ωtdx aus, es verkürzt sich infolge der von außen übertragenen Längskraft L um $\frac{L\,dx}{EF}$. Greifen außerdem an den einzelnen Elementen dx noch Bettungswiderstände dp an, so wirkt an der eben betrachteten Stelle x in der Schiene die Bettungskraft $\int_x^l dp$, wodurch das Element dx eine weitere Zusammendrückung $\frac{1}{EF}\cdot dx\cdot\int_x^l dx$ erfährt. Es ist dabei gleichgültig, ob man über p von x bis l oder über $\frac{p\,dx}{dx+dy}$ von x bis $l+\Delta l$ integriert. Die Gesamtdehnung des Elementes dx ist also:

$$1) \quad dy = \omega t dx - \frac{L}{EF}\cdot dx - \frac{dx}{EF}\cdot\int_x^l dp.$$

Die Längenänderungen, die durch einen außermittigen Lastengriff entstehen können, sind dabei vernachlässigt. Aus Gleichung 1) ergibt sich die Differentialgleichung:

$$2) \quad \frac{dy}{dx} = \omega t - \frac{L}{EF} - \frac{1}{EF}\cdot\int_x^l dp,$$

in der dp noch eine Funktion von y ist; diese beschreibt die Zunahme des Bettungswiderstandes und muß durch Versuche mit einzelnen Schwellen oder kleinen Schwellengruppen ermittelt werden. Die endgültige Differentialgleichung lautet also:

$$3) \quad \frac{dy}{dx} = \omega t - \frac{L}{EF} - \frac{1}{EF}\cdot\int_x^l f(y)\,dx.$$

Die Gleichung ist im allgemeinen nur durch langwierige Reihenentwicklungen (Parameterreihen) zu lösen. Dagegen gelingt von vornherein eine Lösung in geschlossener Form, wenn die Funktion f(y) die einfache Form $k_0 + k.y$ annimmt, in der k_0 etwa die Reibung der Schwellen auf der Bettung und k den Beiwert der Zunahme des Widerstandes mit der Verschiebung bedeutet. Dann ist nämlich:

$$4) \quad y = C_1 e^{cx} + C_2 e^{-cx} + R,$$

wobei sich die Konstanten durch Gleichsetzen des differenzierten Ausdruckes (4) mit Gleichung (3) nach einigen Kunstgriffen bestimmen lassen; dabei ist zu beachten, daß sich für x = 0 auch y = 0 ergeben muß, während in Gleichung (3) $\frac{dy}{dx}$ für x = 0 nicht gleich 0 zu werden braucht. Die Gleichung für y lautet endgültig unter Anwendung der Abkürzung $c = \sqrt{\frac{k}{EF}}$

$$5) \quad y = \frac{\omega t - \frac{L}{EF} + c\cdot\frac{k_0}{k}\cdot e^{-cl}}{c\,(e^{cl}+e^{-cl})}\cdot e^{cx} - \frac{\omega t - \frac{L}{EF} - c\cdot\frac{k_0}{k}\cdot e^{cl}}{c\,(e^{cl}+e^{-cl})}\cdot e^{-cx} - \frac{k_0}{k}.$$

Die Linie der Verschiebungen, die bei konstantem Widerstand als Parabel erscheint*), wird also hier eine Exponentialkurve. Wenn auch die Funktion $f(y) = k_0 + k.y$ sich mit der aufgenommenen Widerstandskurve nicht völlig decken wird, so wird sich doch durch entsprechende Wahl der Koeffizienten insbesondere im Hinblick auf den in Abschnitt III berührten Fall des Gleitens in den Befestigungen eine den Bedürfnissen genügende Ersatzgerade finden lassen.

Wenn nun die Verschiebungen bekannt sind, so lassen sich daraus leicht die Längskräfte bestimmen, denn die Gesamtkraft in einem Punkte x ist ja:

$$6) \quad P_x = L + \int_x^l dp = L + \int_x^l f(y)\,dx.$$

In dem obenerwähnten Sonderfall erhält man

$$7) \quad P_x = L + \int_x^l (k_0 + k.y)\,dx,$$

*) Vergl. den Aufsatz von Wöhrl im „Organ" 1927, Heft 1 und 2.

*) Wöhrl, „Organ" 1927, Heft 2 und Nemcsek, „Organ", 1928, Heft 16.

was nach Einsetzen von $c = \sqrt{\frac{k}{EF}}$ und von Gleichung 5) nach einigen Umformungen ergibt:

$$8)\ P_x = \omega t EF + (L - \omega t EF) \cdot \frac{e^{cx} + e^{-cx}}{e^{cl} + e^{-cl}} + \frac{k_0}{c} \cdot \frac{e^{c(l-x)} - e^{-c(l-x)}}{e^{cl} + e^{-cl}};$$

In Schienenmitte ist dies:

$$9) \ldots P_{max} = \omega t EF + \frac{(L - \omega t EF) \cdot 2}{e^{cl} + e^{-cl}} + \frac{k_0}{c} \cdot \frac{e^{cl} - e^{-cl}}{e^{cl} + e^{-cl}};$$

oder in anderer Schreibweise:

$$10) \ldots P_{max} = \omega t EF + \frac{L - \omega t EF}{\mathfrak{Cos}\, cl} + \frac{k_0}{c} \cdot \mathfrak{Tan}\, cl$$

Die Stoßlücke ist nach Gleichung 5:

$$11)\ 2\Delta l = \frac{2}{c} \cdot \left(\omega t - \frac{L}{EF}\right) \cdot \frac{e^{cl} - e^{-cl}}{e^{cl} + e^{-cl}} + \frac{2 k_0}{k} \cdot \left(\frac{2}{e^{cl} + e^{-cl}} - 1\right);$$

Es ist dabei stets angenommen, daß auf die ganze Länge der Schiene ein Gleiten der Schwellen stattfindet. Reicht

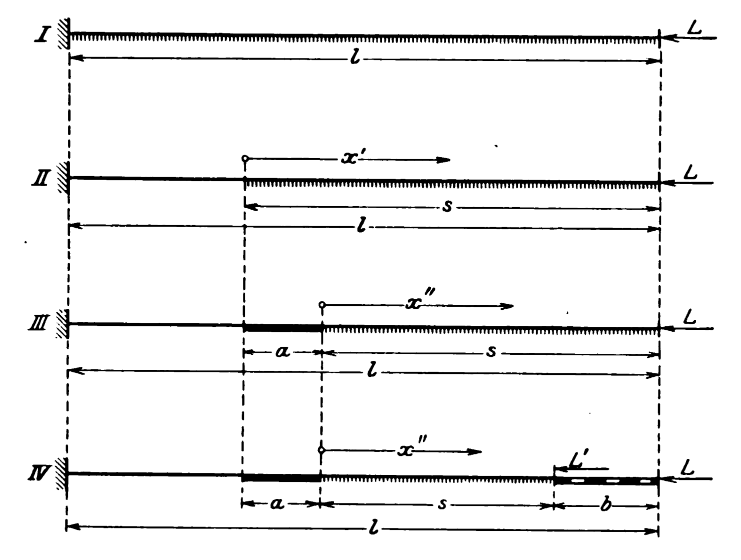


Abb. 2.

die Zone des Gleitens, die sich ja vom Ende der Schiene her beginnend mit steigender Temperatur gegen die Mitte zu fortsetzt, nicht ganz bis zur Schienenmitte, so ist nach Nemcsek im Mittelteil der Schiene die gesamte Ausdehnung verhindert; dort ist somit $P_{max} = \omega t EF$. Man kann die Gleichungen (5, 8 u. 11) ohne weiteres übernehmen, wenn man an die Stelle, wo das Gleiten beginnt, den Nullpunkt eines x'=Systems legt (vergl. Abb. 2 II). An die Stelle von l tritt dann die Strecke s, die wir mit Wöhrl als „Atmungsstrecke“ bezeichnen wollen und statt x steht x'.

Die Atmungslänge läßt sich aus der Bedingung bestimmen, daß für $x' = 0$ P_{max} zu ωtEF wird, also:

$$12) \ldots \omega t EF = \omega t EF + \frac{L - \omega t EF}{e^{cs} + e^{-cs}} \cdot 2 + \frac{k_0}{c} \cdot \frac{e^{cs} - e^{-cs}}{e^{cs} + e^{-cs}};$$

(Siehe Gleichung 9).

Man erhält daraus

$$13) \ldots e^{cs} = \frac{c}{k_0}(\omega t EF - L) + \sqrt{1 + \frac{c^2}{k_0^2}(\omega t EF - L)^2}$$

oder angenähert:

$$14) \ldots\ e^{cs} = \frac{2c}{k_0} \cdot (\omega t EF - L) + \frac{1}{\frac{2c}{k_0}(\omega t EF - L)};$$

Durch Logarithmieren erhält man aus Gl. 13):

$$15)\ .\ s = \frac{1}{c} \ln\mathrm{nat} \left[\frac{c}{k_0}(\omega t EF - L) + \sqrt{1 + \frac{c^2}{k_0^2} \cdot (\omega t EF - L)^2}\right]$$

also wie bei Wattmann u. a. unabhängig von der Schienenlänge. (Längskraft und Stoßlücke bestimmen sich sinngemäß wie oben.) 2s ist zugleich die Schienenlänge, bis zu der die Annahme von Wöhrl zutrifft, daß die Längskraft ωtEF durch die Bettung vermindert werde.

Immerhin tritt eine Verkürzung der Knicklänge oder zum mindesten eine Abminderung des knickenden Momentes ein. Diese allein kann im vorliegenden Fall im Zusammenhang mit der Seitensteifigkeit des Gleises und dem seitlichen Widerstand die Knickgefahr abmindern. Überschlagsrechnungen zeigen, daß der vorliegende Fall schon bei verhältnismäßig geringen Schienenlängen eintritt; bestimmte Zahlen können aber erst nach eingehenden Versuchen angegeben werden. Hierbei wäre in erster Linie das Gesetz der Zunahme des Widerstandes an einer sich verschiebenden Schwelle, ferner die Reibung der Schiene in den Befestigungsmitteln und die größte Laschenkraft*) zu bestimmen.

II. Tritt bei beginnender Verschiebung der elastische Widerstand nicht sofort ein, so daß für den ersten Teil y der Verschiebung die Reibung allein wirkt („Leergang“), so tritt in Gleichung (5) lediglich an die Stelle von y die Differenz $y - y_1$; an Stelle von l steht wieder s und statt x steht x'', das von dem Punkt an zählt, wo der Bettungswiderstand wirksam wird (vergl. Abb. 2 III). Für $x'' = 0$ ist dann die Längskraft $P = \omega tEF - ak_0$, wobei a die Länge zwischen dem Punkt des Beginnes des Gleitens überhaupt und dem Beginn des steigenden Bettungswiderstandes darstellt; sie bestimmt sich aus der Bedingung, daß im Punkt $x'' = 0$ die als bekannt vorauszusetzende Verschiebung y_1 vorhanden ist, zu

$$16) \ldots\ldots\ a = \sqrt{y_1 \cdot \frac{2EF}{k_0}};$$

Die Atmungslänge wird

$$17) \ldots s' = s + a = \frac{1}{c} \cdot \ln\mathrm{nat} \cdot \left[\frac{c}{k_0} \cdot \frac{\omega t EF - L}{1 + ac} + \sqrt{\frac{c^2}{k_0^2} \cdot \left(\frac{\omega t EF - L}{1 + ac}\right)^2 + \frac{1 - ac}{1 + ac}}\right] + a;$$

und die Gleichung 5 geht über in:

$$18) \ldots y - y_1 = -\frac{k_0}{k} + \frac{\omega t - \frac{L}{EF} + c \cdot \frac{k_0}{k} \cdot e^{-cs}}{c(e^{cs} + e^{-cs})} \cdot e^{c(x+s-l)} - \frac{\omega t - \frac{L}{EF} - c \cdot \frac{k_0}{k} \cdot e^{cs}}{c(e^{cs} + e^{-cs})} \cdot e^{-c(x+s-l)}.$$

(In ähnlicher Weise läßt sich der Fall untersuchen, daß die Strecke $a < \sqrt{y_1 \cdot \frac{2EF}{k_0}}$ ist, also die Wirkung des Bettungswiderstandes bis zur Schienenmitte reicht.)

III. Erreicht endlich außerdem gegen das Ende der Schiene zu der Widerstand auf die Längeneinheit in der Bettung den Wert der Reibung in den Befestigungsmitteln oder wird bei einem bestimmten Widerstand der Zusammenhalt der Bettung zerstört, so daß die Schwellen mit einer konstanten Reibung k' in der Bettung gleiten, so tritt in Gleichung (5) an die Stelle von L der Ausdruck $L' = L + b \cdot k'$, wenn b die Länge der Strecke ist, in der

*) Vergl. auch die im „Organ“ 1928, Heft 16 und in der Zeitschrift des VDI, Bd. 73 Nr. 5 beschriebenen Versuche von Ammann und Gruenewaldt, sowie den Aufsatz von Ammann im „Organ“ 1927, Heft 5.

das Gleiten in den Befestigungsmitteln stattfindet. Ferner gilt die Beziehung

$$19) \quad k' = k_0 + k\,(y_s - y),$$

in der y_s die Gesamtverschiebung im Grenzpunkt der Strecken s und b ist (Abb. 2 IV).

Es gilt dann ähnlich wie unter I:

$$20) \quad \omega t\,EF - k_0\,a = \omega t\,EF + \left[(L + bk' - \omega t\,EF)\,.\,\frac{2}{e^{cs} + e^{-cs}} + \frac{k_0}{c}\,.\,\frac{e^{cs} - e^{-cs}}{e^{cs} + e^{-cs}}\right].$$

Außerdem gilt Gleichung (18) mit l+b statt l. Sie gibt für $x = l + b$:

$$21) \quad y_s - y_1 = \frac{\omega t - \frac{L + bk'}{EF} + c\,\frac{k_0}{k}\,.\,e^{-cs}}{c\,(e^{cs} + e^{-cs})}\,.\,e^{cs} - \frac{\omega t - \frac{L + bk'}{EF} - c\,\frac{k_0}{k}\,.\,e^{cs}}{c\,(e^{cs} + e^{-cs})}\,.\,e^{cs} - 2k_0.$$

Nach einigen Umformungen geben Gleichung 20 und 21:

$$22) \quad (e^{cs} + e^{-cs})\,(e^{cs} - e^{-cs})\,\frac{k_0\,a\,c}{2} + (e^{cs} - e^{-cs})^2\,.\,\frac{k_0}{2} = (e^{cs} + e^{-cs})\,k' - 2\,k_0.$$

Die Lösung gestaltet sich am einfachsten, wenn man die Gleichung auf die Form bringt:

$$23) \quad ac\,.\,\mathfrak{Cof}\,cs + \mathfrak{Sin}\,cs = \frac{k'}{k_0}\,.\,\mathfrak{Cot}\,cs - \frac{1}{\mathfrak{Sin}\,cs},$$

und diese mittels eines Versuchverfahrens an Hand von Tabellen löst. Mit den errechneten cs ergibt sich dann b und P.

Zusammenfassung.

Der Versuch, einen Ausdehnungsbeiwert für fertige Gleise zu ermitteln, erscheint zur Klärung der Frage nach der größtzulässigen Schweißlänge nicht geeignet. Dagegen lassen sich verschiedene Zusammenhänge, die anderwärts nur angedeutet sind, rechnerisch verfolgen. Es lassen sich insbesondere auch bei Berücksichtigung der Keilwirkung des Schotters Formeln aufstellen für die verringerte Längskraft in den Schienen und für die Grenze, bis zu der eine solche Einwirkung auf die Längskraft stattfindet. Da zu ihrer zahlenmäßigen Errechnung aber noch zu ermittelnde Koeffizienten nötig sind, ergibt sich, daß zur Beurteilung der zulässigen Schweißlängen neben der Aufstellung einer einwandfreien Knicktheorie, wie sie De Vries-Broekmann*) versucht hat, in allererster Linie Versuche zur Einzelbestimmung der Koeffizienten durchgeführt werden müssen. Andere Wege dürften nicht zum Ziel führen. Die Meßtechnik hat also das Wort.

*) Vergl. den Aufsatz von Wöhrl im „Organ" 1927, Heft 20.

Eine neue Eisenbahnverbindung nach Nizza.

Von Regierungsbaumeister a. D. **L. Spamer**, Darmstadt.

Am 31. Oktober 1928 hat die französische Paris—Lyon—Mittelmeer-Bahngesellschaft die rund 59 km lange eingleisige mit Dampfkraft betriebene Hauptbahnstrecke von der französisch-italienischen Nordgrenze über Breil, Sospel nach Nizza eröffnet, deren Bau schon in einem französisch-italienischen Abkommen vom Jahre 1904 beschlossen und im Jahre 1909 begonnen worden war*). Gleichzeitig haben die italienischen Staatsbahnen die Seitenstrecke Breil—Ventimiglia fertiggestellt, deren Abschnitt (rund 4 km lang) von Breil bis zur französisch-italienischen Südgrenze von der französischen Bahngesellschaft ausgeführt wurde. (Abb. 1). Damit sind die letzten Lücken der Durchgangsverbindung Bern—Turin—Coni—Nizza—(Ventimiglia), die bis Coni schon länger im Betriebe ist, geschlossen.

Die bisher schnellsten Reiseverbindungen aus dem Norden nach der französischen Riviera benutzten entweder eine der beiden Alpenlinien Gotthard—Mailand—Genua—Nizza und Brenner—Mailand—Genua—Nizza oder aber die Alpenumfahrungsstrecke Bern — Genf — Lyon — Marseille — Nizza. Nach der Fertigstellung der Lötschbergbahn (1913) und des Simplontunnels (1906) war eine neue Ausfallstraße vom Nordwesten und Norden nach Oberitalien geschaffen. Diese in Verbindung mit der eingangs erwähnten neuen Bahnstrecke bildet nunmehr unter Benützung des um die Jahrhundertwende von den Italienern erbauten Col di Tenda-Tunnels im Verkehr Nord—Süd und umgekehrt eine Entlastung der Alpenpaßbahnen über den Gotthard und Brenner, sowie eine wesentliche Verkürzung der Alpenumfahrungsstrecke. Die Verbindung Bern—Lötschberg—Simplon—Turin—Coni—Col di Tenda—Nizza—(Ventimiglia) ist auch mit rund 600 km Länge etwa 300 km kürzer als der Weg über Genf—Lyon—Marseille—Nizza (900 km).

Die Teilstrecke Nizza—Breil wird zur Zeit von der französischen Mittelmeer-Bahngesellschaft (P. L. M.) im Pendelverkehr betrieben; im Bahnhof Breil findet Kurswagenaustausch und Übergang ganzer Zugteile zwischen diesen französischen Pendelzügen und den italienischen Durchgangszügen Ventimiglia—Coni—Turin und umgekehrt statt. Dieser Betriebsweise entsprechend sind die auf französichem Gebiet nahe der Grenze gelegenen Bahnhöfe Breil und Fontan-Saorge

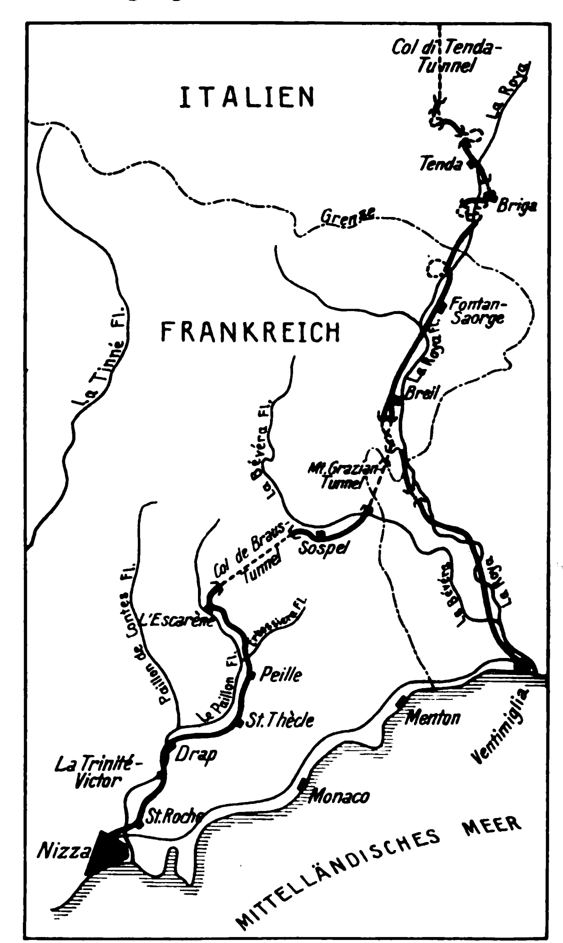


Abb. 1. Übersichtsplan der eingleisigen Hauptbahn Col di Tenda—Nizza (Ventimiglia).

als Zollbahnhöfe für den italienisch-französischen Verkehr ausgebildet.

*) Vergl. Génie Civil 1928, Heft 78.

Die 59 km lange Teilstrecke Nizza—Breil—Nordgrenze ist baulich besonders interessant. Als ausgesprochene Reibungsgebirgsbahn angelegt weist sie ohne künstliche Längenentwicklung eine fast durchweg vorkommende Größtneigung wässerung zu haben, was bei dem teilweise stark Wasser führenden Gebirge wichtig war, sind in diesen überall Gegengefälle angewendet (vergl. besonders das Längenprofil des Mont Grazian-Tunnels). (Abb. 2).

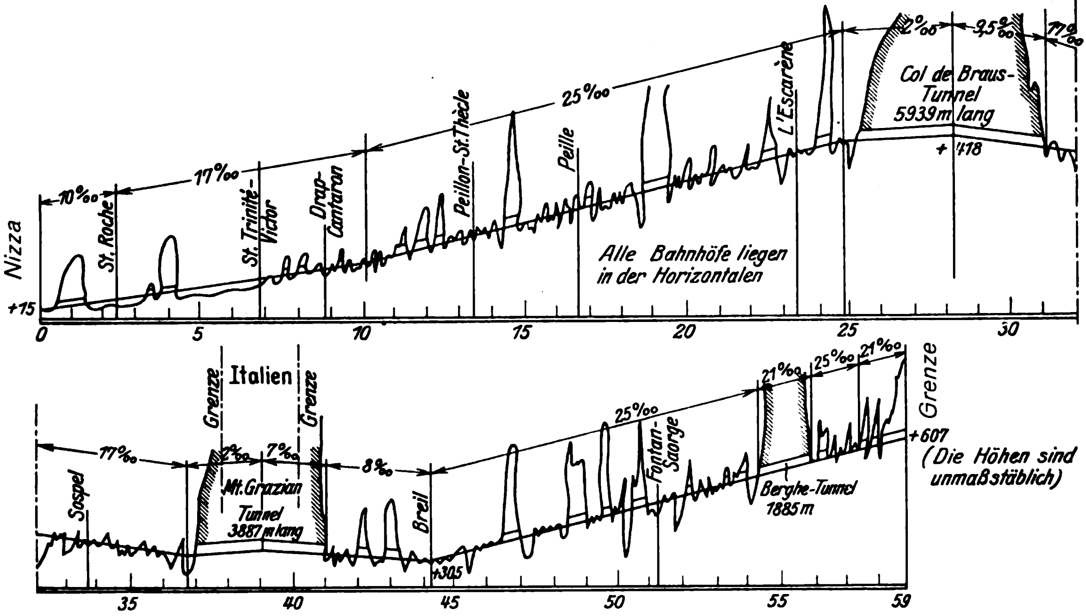


Abb. 2. Längenschnitt der eingleisigen Hauptbahn von der französisch-italienischen Nordgrenze nach Nizza.

von 1:40 (25‰), die größte auf deutschen Reibungsbahnen (Hauptbahnen) überhaupt zulässige Neigung, sowie zahlreiche Krümmungen vom Kleinsthalbmesser 300 m auf. Von den Kunstbauten im Zug der Linie sind besonders bemerkenswert der 5939 m lange Wasserscheidentunnel des Col de Braus, der die Flußtäler des Paillon und der Bévéra miteinander verbindet, der derzeit längste zweigleisige Tunnel in Frankreich, der Tunnel durch den Mont Grazian, 3887 m lang,

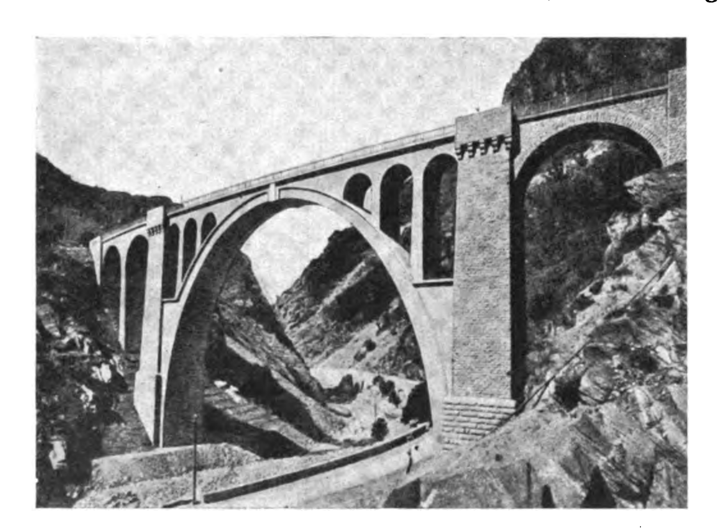


Abb. 3. Viadukt von Scarassoni.

dessen beide Eingänge auf französischem Boden liegen, der aber italienisches Gebiet unterfährt, sowie der 1885 m lange Berghetunnel. Von der Gesamtlänge der Linie liegen 42% in Krümmungen und 58% in der Graden, 89% in der Neigung und nur 11% in der Horizontalen. Mehr als $^1/_3$ der Gesamtlänge liegt in Tunneln, von denen im ganzen 45 Stück angelegt werden mußten, alle für zweigleisigen Ausbau vorgesehen. In allen größeren Tunneln ist der dort im Gegensatz zur freien Strecke auftretenden größeren Zugwiderstände wegen die Größtneigung unter 10‰ ermäßigt; um beim Bau der größeren Tunnel von beiden Mündungen her gute Ent-

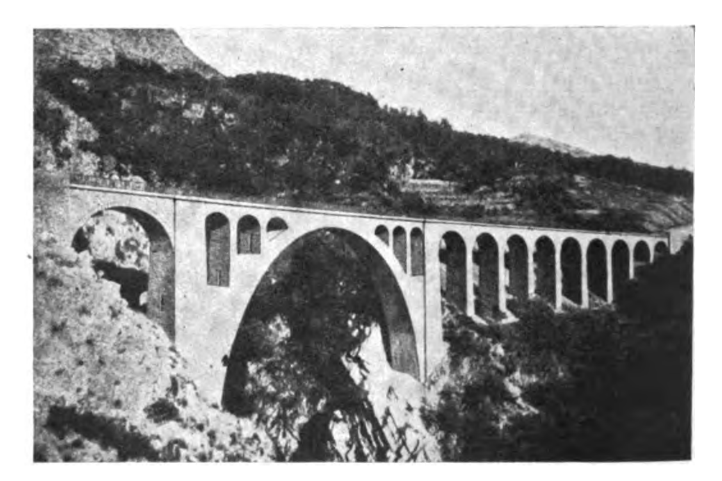


Abb. 4. Erbossierra-Viadukt.



Abb. 5. Viadukt über die Bóvéra.

Im Zug der neuen Linie mußten auch mehr als 200 Brückenbauwerke von zusammen etwa 3 km Länge, von denen allein 39 eine größere Spannweite als 10 m besitzen, hergestellt

werden. Zum größten Teil sind es Wölbbrücken aus Eisenbeton oder Mauerwerk, vereinzelt sind auch Eisenfachwerkträger verlegt. Das schönste und großartigste Bauwerk der ganzen Strecke ist der in Mauerwerk ausgeführte Viadukt von Scarassoni, der sich in seiner schlichten und doch wuchtigen Architektur ausgezeichnet in das ganze Landschaftsbild einfügt (Abb. 3). In einem elliptischen Bogen von 48 m zwischen den Widerlagen überspannt er in 42 m Höhe das Tal der Roya im Bogen von 300 m Halbmesser und in einer Neigung von $20^0/_{00}$ liegend. Abb. 4 zeigt den Erbossierraviadukt, in einem elliptischen Bogen von 36 m sich über das tief eingeschnittene Tal des Erbossierraflusses, eines Nebenflusses des Paillon mit anschließenden neun Öffnungen von je 8 m Weite spannend. Das steile Felsental des Oberlaufes der Bévéra wird auf einem eisernen Gitterträger, der mitten durch einen Querbogen über der Felsschlucht abgestützt ist, überschritten. (Abb. 5).

Besondere Schwierigkeiten traten beim Bau der Bahn infolge der stellenweise eigenartigen geologischen Verhältnisse des durchfahrenen Alpengebietes auf. In den Tunneln wurde nämlich eine Kalkart (Anhydrit) angetroffen, die an sich trocken ist, aber bei Berührung mit Wasser oder feuchter Luft sich unter starker Aufblähung in Gips verwandelt. Besonders wirksame Entwässerungsanlagen und dichte Verkleidung der Wandungen mußten in diesen Tunnelstrecken vorgesehen werden.

Der Oberbau der neuen Linie besteht auf der freien Strecke aus 18 m langen Schienen von 48 kg Metergewicht, in den Tunneln von 55 kg Metergewicht, die auf getränkten Holzschwellen in Kalkschotterbett ohne Unterlagsplatten einfach mit Schwellenschrauben befestigt sind.

Der Zugverkehr ist zunächst noch mit täglich fünf Personenzügen darunter zwei Schnellzügen und zwei Güterzügen in jeder Richtung auffallend gering.

Aus amtlichen Erlassen.

Einteilung der Gleise nach oberbautechnischen Gesichtspunkten bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Durch Verfügung vom Januar 1929 hat die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft die Einteilung der Reichsbahngleise nach oberbautechnischen Gesichtspunkten neu geregelt. Für die Einteilung waren nachstehende Gesichtspunkte maßgebend. Die Oberbauvorschriften für den Reichsbahnoberbau unterscheiden:

Gleise erster Ordnung mit starkem Betriebe, großen Geschwindigkeiten und größten Raddrücken. Innerhalb dieser Gruppen gelten die dem internationalen Fern-D-Zugverkehr dienenden Gleise als Sonderklasse.

Gleise zweiter Ordnung mit mittlerem Betriebe und im allgemeinen geringeren Zugsgeschwindigkeiten, ohne Rücksicht auf die Raddrücke.

Gleise dritter Ordnung: alle übrigen Gleise.

Diese Einteilung bezweckt zunächst, den wichtigsten betrieblich besonders stark beanspruchten Gleisen besondere Sorgfalt zuzuwenden, damit Oberbau und Bettung während ihrer Liegedauer in diesen Gleisen allen Anforderungen in bezug auf Betriebssicherheit und Tragfähigkeit voll gewachsen bleiben. Weiter soll eine möglichst vollkommene Ausnutzung aller Oberbaustoffe dadurch erreicht werden, daß die Stoffe, die aus den wichtigsten Gleisen ausgebaut werden müssen, wenn sie die zulässigen Abnützungsgrenzen erreicht haben, in den weniger wichtigen, betrieblich geringer beanspruchten Gleisen weiter verwendet werden können, bis sie für Reichsbahngleise nicht mehr verwendbar sind.

Die Gleise erster Ordnung sollen mit neuem Reichsbahnoberbau unter Verwendung der Schiene S 49 erneuert werden. Für die Gleise der Sonderklasse soll Reichsoberbau K mit Schienen von 30 m normaler Baulänge auf Holzschwellen verwendet werden. In den übrigen Gleisen erster Ordnung werden zunächst noch Schienen von 15 m normaler Baulänge eingebaut. Wenn der in den Gleisen erster Ordnung und der Sonderklasse liegende Reichsbahnoberbau die zugelassene Abnützungsgrenze erreicht hat, oder die Auswechslung von Stoffen unwirtschaftlich wird, so wandert er in die Gleise zweiter Ordnung. Ausgenommen sind die Stoffe, die für die Unterhaltung der Gleise erster Ordnung benötigt sind und die Stoffe, die nur noch für Gleise dritter Ordnung geeignet erscheinen. Zur Zeit werden bei der Erneuerung und Unterhaltung der Gleise erster Ordnung noch Oberbaustoffe der älteren, schwereren Formen der früheren Ländereisenbahnen gewonnen. Diese müssen zur Erneuerung und Unterhaltung der Gleise zweiter Ordnung zunächst verwendet werden. Alle Stoffe, die bei der Erneuerung und Unterhaltung der Gleise erster und zweiter Ordnung gewonnen werden, wegen starker Abnützung in diesen Gleisen jedoch nicht verwendet werden können, sind zur Erneuerung und Unterhaltung der Gleise dritter Ordnung zu verwenden, soweit ihre Abnützung noch innerhalb der für diese Gleise zugelassenen Grenzen bleibt.

Damit nun eine möglichst vollkommene Ausnützung der Oberbaustoffe erzielt wird und die aus einem Gleise höherer Ordnung ausgebauten und wieder verwendbaren Stoffe zur Erneuerung und Unterhaltung der folgenden Gruppe ausreichen, muß innerhalb des Reichsbahngebietes zwischen den Gleisen erster, zweiter und dritter Ordnung ein bestimmtes Verhältnis bestehen. Dieses Verhältnis ist durch die Neueinteilung erreicht. In die Sonderklasse sind die Strecken des internationalen Fern-D-Zugverkehrs eingereiht. Zu den Gleisen erster Ordnung rechnen die Gleise mit großen Zuggeschwindigkeiten, auf denen Fern-D-Züge und D-Züge verkehren. Ferner alle Gleise, auf welchen Lokomotiven und Wagen mit größten Raddrücken verkehren und die Gleise mit starkem Betriebe. Hierfür wurden jene Gleise bestimmt, die innerhalb 24 Stunden mit 20 und mehr planmäßigen Zügen belastet sind, d. h. auf zweigleisigen Strecken in einer, auf eingleisigen Strecken in beiden Richtungen. Außerdem wurden die stark belasteten Ablaufgleise der großen Rangierbahnhöfe zu den Gleisen erster Ordnung gerechnet. Zur zweiten Ordnung zählen alle durchgehenden Hauptgleise auf Haupt- und Nebenbahnen, die nicht zu den Gleisen erster Ordnung gehören. Weiter alle Kreuzungs- und Überholungsgleise, in die die Züge verhältnismäßig langsam einfahren, ohne Rücksicht auf ihre Belastung und die stärker belasteten Bahnhofgleise, wie Lokomotiv-Umfahrgleise, Richtungsgleise usw., also alle Gleise, die betrieblich von Bedeutung sind. Zu den Gleisen dritter Ordnung zählen alle minderwichtigen Nebengleise, wie Aufstellungsgleise, Ladegleise usw.

Für die Verteilung von Holz- und Eisenschwellen auf die einzelnen Strecken hat sich die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft sowohl von technischen als auch von wirtschaftlichen Gesichtspunkten leiten lassen. Von der durch die Verfügung festgesetzten Gruppenzugehörigkeit der Gleise und der festgesetzten Schwellenart (Holz- und Eisenschwellen) darf nur mit Genehmigung der Hauptverwaltung abgewichen werden.

D.

Die erste österreichische Verkehrswissenschaftliche Woche in Wien.

Vor einigen Jahren wurde in Wien eine österreichische verkehrswissenschaftliche Gesellschaft gegründet, die es sich auch zur Aufgabe stellte, durch Vorträge die Erkenntnisse und Fortschritte der Verkehrswissenschaft und Praxis einem weiteren Kreis von Verkehrsmännern und Interessenten zu vermitteln. Eine Reihe von Einzelvorträgen der letzten Jahre ist der Tätigkeit dieser Gesellschaft zu danken.

Für die Zeit vom 3. bis 8. Juni lfd. Jhrs. bereitete sie unter Vorsitz Professor Dörfels der Hochschule für Welthandel zum ersten Male eine Vortragswoche mit reichem Programm, überwiegend aus dem Gebiete des Eisenbahnwesens, vor; der Verlauf der sehr gut besuchten Woche, hat zu einem vollen Erfolg geführt. Besonders hervorzuheben ist, daß dabei das internationale Zusammenarbeiten der Verkehrsfachleute sowohl durch Vortragende aus dem Deutschen Reiche und der Tschechoslowakei, als auch durch Besucher aus diesen Staaten, Ungarns und Jugoslaviens gekennzeichnet war.

Der feierlichen Eröffnung dieser Woche im Festsaale der Welthandelshochschule wohnten hervorragende Vertreter des Verkehrs- und Unterrichtswesens, an ihrer Spitze der Bundesminister für Handel und Verkehr Dr. Schürff bei. Zur Eröffnung sprachen der Vorsitzende der Gesellschaft Prof. Dörfel, der Bundesminister für Handel und Verkehr Dr. Schürff, der Maschinendirektor der Österreichischen Bundesbahnen Ing. Taussig in Vertretung des verhinderten Generaldirektors Ing. Foest-Monshoff und der Rektor der Hochschule Prof. Ziegler. Alle Redner betonten die Wichtigkeit und Notwendigkeit des Zusammenwirkens von Wissenschaft und Praxis im Verkehrswesen. Bundesminister Dr. Schürff begrüßte namens der Regierung in warmen Worten die Gäste aus den Nachbarstaaten, insbesondere aus dem Deutschen Reich.

Den Eröffnungsvortrag hielt Reichsbahndirektor Dr. Ing. Bruno Schwarze (Berlin), der mit hervorragenden Vertretern der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft der Einladung der Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft bzw. der Österreichischen Bundesbahnen gefolgt war. Seine ausgezeichneten Ausführungen über das Thema „Das Unterrichts- und Bildungswesen und die Psychotechnik bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft" behandelten die Notwendigkeit und die Art der Heranbildung der Reichsbahnbediensteten, das Reichsbahnschulwesen und seine Einrichtungen, wobei der Vortragende besonders betonte, daß diese Vorsorge vor allem darauf abziele, eine sichere und wirtschaftliche Betriebsführung zu erreichen. Die Aufgaben der Allgemeinbildung der Eisenbahnbediensteten sind dem freiwilligen Bildungswesen der gewerkschaftlichen Beamtenverbände überlassen. Weiter führte der Vortragende über das psychotechnische Arbeitsgebiet aus, daß es sich bei den Eignungsuntersuchungen der Reichsbahnbediensteten nicht um Erstellung von Werturteilen der einzelnen Personen, sondern nur um die Auswahl des Arbeitsgebietes handle, für das sich der Untersuchte besonders eigne.

Aus den übrigen zahlreichen und durchaus interessanten Vorträgen mögen hier nur einige, die sich mit technischen oder betriebstechnischen Problemen befaßten, der Reihe ihrer Abhaltung nach erwähnt werden.

Zentralinspektor Ing. Ganspöck (Wien) behandelte in dem Thema „Die Wagendirigierung" den Wagenbeschaffungsplan der Österreichischen Bundesbahnen vom Gesichtspunkt der Wagenarten, des Laderaumes und Gewichtes, des Bedarfes der österreichischen Wirtschaft, und gab damit an Hand von Lichtbildern Einblick in die Beziehungen Wagen- und Volkswirtschaft. Weiter erläuterte er in übersichtlicher Art die Technik der Wagenverteilung.

Ministerialrat Ing. Bazant (Wien) sprach über „Die Kosten des Bahnhofdienstes im Rahmen der Betriebsselbstkosten". Die Teilung der durchschnittlichen Selbstkosten in Abfertigungs-, Zug-, Wegkosten- und allgemeine Unkosten, der Einfluß des Transportgutes, wurde erläutert und eine mathematisch abgeleitete Methode der ziffernmäßigen Abstufung mit der Entfernung vorgeführt. Schau- und Lichtbilder gaben Aufschluß über die zahlen- und beispielsmäßige Auswirkung.

Hofrat Ing. Nouackh (Wien) behandelte „Moderne Sicherungsanlagen" an Hand von zahlreichen Lichtbildern und gab in zwei großen Abteilungen über die Einrichtungen für den Zugverkehr innerhalb der Bahnhöfe sowie zur Sicherung dieses Verkehrs zwischen den Bahnhöfen auf der Strecke ein umfassendes Bild des heutigen Standes dieses Fachgebietes.

Einen den großen Fragen seines Themas gewidmeten Vortrag hielt Prof. Blum (Hannover) über „Die Personenbahnhöfe in der Entwicklung der Großstädte". Er erörterte die Beziehungen zwischen Stadt- und Eisenbahnverwaltung, dann die Frage der richtigen Lage der Bahnhöfe im Stadtgebiet, wobei er nach der städtebaulichen Unterscheidung zunächst die Bahnhoffrage für die Riesenstädte (über 700000 Einwohner) behandelte. Dabei untersuchte er die Frage mit welchen Mitteln der Stadtschnellverkehr von der Eisenbahn bedient werden kann, dann die Frage der Zweckmäßigkeit eines Zentralbahnhofs, der nur für einzelne ganz große Städte weniger empfehlenswert sei. Weiter besprach der Vortragende das System des Eisenbahnpersonenverkehrs in den Großstädten (150000 bis 700000 Einwohner), den Hauptbahnhof und Bahnhofsplatz, die Lage des Hauptbahnhofs zur Stadt (Kopf- oder Durchgangsbahnhof, wobei der Kopfbahnhof abzulehnen sei) und schließlich die Frage der eisenbahntechnischen- und stadtbaulichen Durchbildung des Hauptpersonenbahnhofs.

Ministerialrat Ing. Hula (Prag) trug über die „Rationalisierung des Zugverkehrs" insbesondere des seit dem Kriege zurückgegangenen Güterverkehrs vor und stellte als Forderungen für geringste Betriebskosten auf: zweckmäßige Organisation des Fern- und Stückgüterverkehrs, Ausbau und Mechanisierung der Verschiebebahnhöfe, Einführung der durchgehenden Güterzugbremse und des Dispatching-Systems d. h. der zentralen Leitung auf starken Verkehrsadern oder auf Lokalbahnen von einem Mittelpunkte aus.

Prof. Findeis (Techn. Hochschule Wien) sprach über „Seilbahnen für Personenbeförderung", deren heutige Bauform das Pendelsystem ist. Bei der geringen Ausnützung dieser doppelgleisigen Anlagen, die eine engere Wagenfolge nicht zulassen, ist es sehr zu begrüßen, daß man nun daran geht, das bei Güterbahnen eingeführte Umlaufsystem auch für Personenseilbahnen anzuwenden. Der Vortragende zeigt dann, wie man durch Einschaltung von Mittelstationen und Anwendung von Einspurbahnen bzw. Ineinanderschachteln von solchen auch das Pendelsystem verbessern kann und betont, welche bedeutende Rolle Österreich im Bau der Personenseilschwebebahnen zukommt.

Über „Hebung der Wirtschaftlichkeit im Lokomotivbetriebe" trug Oberbaurat Dr. Ing. Nußbaum (Wien) vor, indem er, ausgehend von dem bedeutenden Anteil der Zugförderungsausgaben an den Gesamtbetriebsausgaben die Ersparnismöglichkeiten an den beiden Hauptposten, Lokomotivbrennstoff- und Lokomotivmannschaftskosten erörterte. Nach Besprechung der Kostenbeeinflussung durch Einteilung und Auslastung der Lokomotiven, wurde auch der Möglichkeit gedacht, zu Ersparniszwecken die Dampflokomotiven durch andere Triebfahrzeuge, also Elektrolokomotiven usw. zu ersetzen.

Schließlich sprach der Verfasser dieses Berichtes über „Gleisanlagen und mechanische Einrichtungen in Umstell-(Verschiebe-)Bahnhöfen“ und versuchte unter Betonung der bedeutenden Höhe der Verschiebekosten, die Entwicklung in Bau, Einrichtung und Betrieb von Verschiebebahnhöfen in den letzten Jahren aufzuzeigen. Unter Vorführung zahlreicher Lichtbilder und eines Filmes über den Ablaufbetrieb in Hamm (Westfalen) wurden neue Gleispläne, mechanische Bremseinrichtungen, selbsttätige Weichenstellungen und die Entwicklung der Verständigungsmittel aus verschiedenen Ländern besprochen und gezeigt, daß Deutschland bzw. die Deutsche Reichsbahn auf diesem Gebiete an der Spitze steht.

Honorardozent Ing. Schager.

Berichte.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Vagneux-Schwelle aus Eisenbeton.

Die Eisenbahnschwelle nach Vagneux ist eine aus Eisenbeton und Eisentragteilen zusammengesetzte Schwelle. Sie besteht aus zwei Eisenbetonfüßen von 72 cm Länge, 24 bis 34 cm Breite und einer größten Stärke von 20 cm, die durch einen Eisenträger miteinander verbunden sind (siehe Abb. 1). In der Mitte hat demnach diese Schwelle kein Auflager auf der Gleisbettung. Die Ausmaße des Querschnitts des eisernen Verbindungsstückes

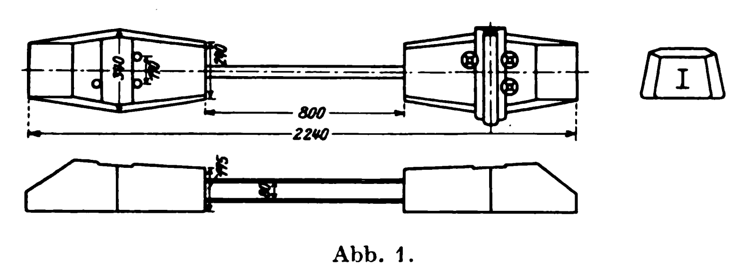


Abb. 1.

wurden so reichlich bemessen, daß die Spurweite und Neigung des Gleises mit Sicherheit gewährleistet wird. Dabei ist dieses noch so elastisch, daß die Torsionspannungen und andere durch ungleichmäßiges Unterstopfen der beiden Auflagerflächen auftretende Nebenspannungen gefahrlos aufgenommen werden können. Durch diese eigenartige Bauform der Schwelle fiel die kostspielige Unterhaltung des bei Eisenbetonschwellen sonst notwendigen Grabens in der Gleismitte weg. Das Gewicht einer Schwelle nach Vagneux beträgt 150 kg für untergeordnete Vollspurbahnen und 175 kg für die schwerste Gleisform, während die z. Z. gebräuchlichen Eisenbetonschwellen 270 kg wiegen. Die Befestigung des eisernen Tragteils in den beiden Eisenbetonquadern erfolgt nur durch die Haftfestigkeit der Oberfläche des Eisenteils im Beton. Zur Trennung der beiden Teile durch Zugkraft sind im Durchschnitt 12380 kg erforderlich. Gegen Rostgefahr wird der eiserne Bestandteil der Schwelle durch Anstriche geschützt. Neuerdings werden auch nichtrostende Stahlsorten hierzu verwendet. Besonders breite Stoßschwellen mit je zwei eisernen Verbindungsgliedern gewährleisten eine gute, ruhig liegende Stoßverbindung. Die Auflagerfläche dieser Stoßschwellen ist fast doppelt so groß als die der Mittelschwellen. Zwischen Schwelle und Schienenfuß werden getränkte Pappel- oder Ulmenholzzwischenlagen von 4 bis 7 mm Stärke eingebaut, die auf 40 bis 50% ihrer ursprünglichen Stärke zusammengepreßt werden. Dadurch wird eine gleichmäßigere Druckbeanspruchung der unter den Holzplättchen liegenden Eisenbetonflächenstreifen bei der Durchbiegung der Schienen durch die Verkehrslast erzielt. Die mit dieser Schwellenart ausgebauten Gleise zeichnen sich durch sehr ruhigen Zuglauf aus. Bei Hauptbahngleisen werden auf den 12 m Stoß 16 Schwellen und eine Stoßschwelle eingebaut. Der Abstand beträgt 70 cm. Auf Nebenbahnstrecken ist die Anordnung nach Abstand und Form etwas anders gehalten. Die Herstellung einer während des Betriebs dauerhaften Befestigungsweise gestaltet sich bei allen Schwellen aus Eisenbeton sehr schwierig. Bei einer Lockerung der Schwellenschrauben würde die Schwelle infolge der schlagartigen Wirkung durch die Verkehrslast stark in Mitleidenschaft gezogen werden. Zur Vermeidung einer solch ungünstigen Beanspruchung hat Vagneux folgende Befestigungsart gewählt (siehe Abb. 2). Die Schiene wird durch Schwellenschrauben befestigt. Diese werden durch einbetonierte Mutterschraubengänge mit vierkantigem Querschnitt festgehalten. Die Mutterschraubengänge übertragen die auftretenden Zugspannungen auf die sie umgebende Eisenbetonmasse. Die dadurch übertragene Zugkraft ist größer als 5 t, also vollkommen ausreichend. Zwischen Schraube und Muttergang ist ein Spielraum von etwa 1 mm vorhanden, der durch einen Asphaltüberzug der Schraube ausgefüllt wird. Es können die gebräuchlichen Schwellenschrauben verwendet werden.

Zur Herstellung der Eisenbetonmasse wird ein Betongemisch verwendet von 400 l Sand von 0 bis 5 mm Stärke, 800 l Kleinschlag von 5 bis 30 mm Korngröße und 300 bis 400 l Zement je nach Güte.

Der mittlere Preis einer Vagneux-Schwelle betrug im Jahre 1928 55 Frs. und 62 Frs. (10,32 *RM*) für die Schwelle samt Befestigungsmittel. Die Kosten für die Verlegung sind etwa 30 bis 40% höher als bei anderen Schwellenarten. An Schotter wird gegenüber der Holzschwelle $^1/_4$ cbm auf 1 m Gleis eingespart, ein Wert der den erhöhten Einbaukosten entspricht. Auf Grund der bisherigen Feststellungen nach zehnjährigem Versuch kann die Lebensdauer der Vagneux-Schwellen bei Bahnlinien mit einer Streckenbelastung von 50 bis 60 Zügen im Tage auf 40 Jahre geschätzt werden und bei Strecken mit geringerer Belastung (6 bis 8 Züge/Tag) auf 100 Jahre.

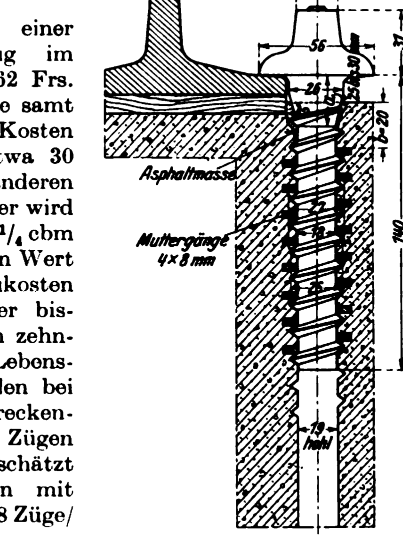


Abb. 2.

Es kann angenommen werden, daß bei Verwendung dieser Schwellenart — unter der Voraussetzung, daß guter Schotter eingebaut wird — in der Bahnunterhaltung Einsparungen gemacht werden können. Sie sind besonders für holzarme Länder wie Frankreich, wo die Holzschwellen aus dem Ausland bezogen werden müssen, von volkswirtschaftlichem Vorteil. Seherer.

(Bulletin, Febr. 1929.)

Eisenbetonschwelle Bauart Emperger.

Hierzu Tafel 13.

Die einfache Nachbildung der Form der Holzschwelle in Eisenbeton hat sich bei allen bisherigen Versuchen als unzulänglich erwiesen. Die Unterlagen der beiden Schienen erhalten nicht nur von oben ungleichmäßige Stöße, sondern besitzen auch in ihrer Unterlage so verschiedene Widerstände, daß dieser Unterschied den steifen Mittelteil über kurz oder lang zerstören muß.

Die Unterstützung der Schiene durch zwei Unterlagen verlangt eine Verbindung, die jede bleibende Verdrehung derselben verhindert. Dazu genügt eine einfache Querverbindung oder ein gelenkartiger Anschluß wie bei der London North Eastern Railway*) nicht. Eine steife Querverbindung mit einem Profileisen leidet daran, daß die Verbindungsstelle zwischen Unterlage und Quereisen leicht zerstört wird. (Siehe Beton und Eisen 27, Seite 273, 1927, Heft 23.)

Im folgenden soll eine Lösung beschrieben werden, die sich diesen Aufgaben gewachsen erwies. Dies wird zunächst durch

*) Railway Gazette, 9. Dezember 1927.

die eigenartige Querschnittsform der Unterlagen erreicht, die mit Vertiefungen versehen sind, in die der Schotter hineingestopft wird, so daß er durch ihre Keilform so in Verband erhalten bleibt, daß die Eisenbetonschwelle nicht wie ein Fremdkörper hin und her rutscht, sondern an den für ihren Bestand so gefährlichen



Abb. 1. Probe am Ostbahnhof in Wien.

hüpfenden Bewegungen gehindert wird. Der Rest von Beweglichkeit wird durch eine Querverbindung reguliert, die keine bleibenden Verschiebungen zuläßt. Die Befestigung geschieht an drei bis vier Punkten, welche im Querschnitt so verteilt sind, daß horizontale und vertikale Verdrehungen auf einen ungemein kräftigen Widerstand stoßen, was durch den Abstand der Querverbindungen gewährleistet erscheint.

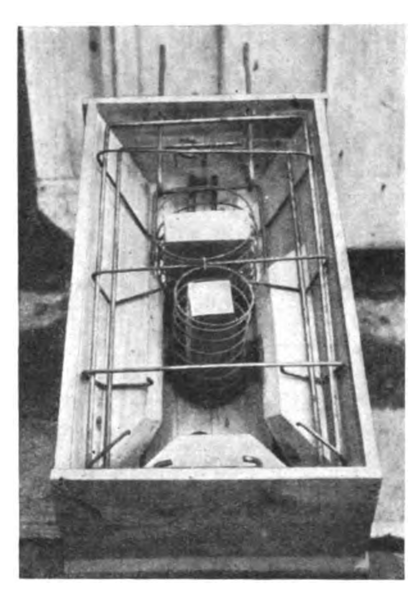


Abb. 2. Schalform mit Armatur fertig zur Betonierung.

Im Gegensatz zu dieser Starrheit der Unterlage steht eine große Biegungsfähigkeit des Mittelstückes, das sich der Schotterunterlage anpassen kann. Das Mittelstück wird gewöhnlich aus zwei bis vier einzelnen Stäben zusammengesetzt und erhält außerdem noch eine federartige Verschwächung beim Anschluß an die Unterlagen.

Eine weitere wichtige Neuerung besteht darin, daß die Schwelle in drei Teilen hergestellt wird, und zwar aus zwei gleichen Unterlagen und dem Mittelstück. Die Einzelteile werden an Ort und Stelle je nach Bedarf in der richtigen oder in erweiterter Spur zusammengesetzt, wobei die herausstehenden Eisenteile in einer Nische der Unterlage einbetoniert werden. Die Eisenteile erhalten zwar eine einstweilige Verbindung, doch ergibt sich ihre endgültige Lage erst durch das Einbetonieren. Hierfür genügt eine Zugpause, weil die betreffende Stelle keinen großen Beanspruchungen ausgesetzt ist. Die Versuche bei den österreichischen Bundesbahnen haben trotz einer schwachen Armatur keinerlei Sprünge gezeigt (Textabb. 1), weil vermöge dieser Anordnung der Beton allein den auftretenden Kräften gewachsen ist. Es wurde dies zunächst festgestellt und dann untersucht, wie weit man herabgehen kann, ohne daß die Beweglichkeit der Unterlage und ihr Zusammenhang unter den Stößen beim Verkehr leidet. Die in dem Plane der Schwelle (Tafel 13) dargestellten Abmessungen gehen bereits über das notwendige Mindestmaß hinaus, weil sie einem Schnellzugsverkehr gewachsen sein sollen. Bei den weiteren Erfahrungen will man mit Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit systematisch herabgehen. Jedenfalls hat man damit das Ziel erreicht, daß die ersten Kosten einer derartigen Schwelle denen der Holzschwelle nahezu gleich sind, sofern man die Herstellung in entsprechender Anzahl vornimmt. Nachdem alle bisherigen Eisenbetonschwellen wesentlich teurer gewesen sind als die Holzschwelle, so ist dies ein wichtiges Ergebnis. Dies und die leichte Herstellung der neuen Schwelle hat dazu geführt, daß eine ganze

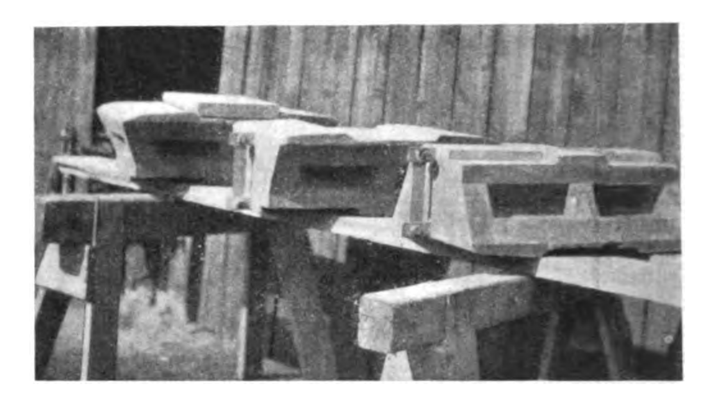


Abb. 3. Die ersten Versuchsschwellen.



Abb. 4. Schwellen beim Schienenstoß.

Reihe von Probegleisen im Laufe dieses Frühjahres in Gmunden, Mannersdorf und ferner an noch nicht festgelegten Orten in Ungarn und in Holland in Betrieb gesetzt werden soll. Textabb. 2 zeigt die Schalform mit Armatur, Textabb. 3 einige der ersten Versuchsschwellen vor dem Einbau, Textabb. 4 die Schwellen im Gleise.

Die Kosten lassen sich aus dem Stoffbedarf leicht bestimmen. Er hat bei den bisherigen Versuchen 9 kg Eisen und 72 l Beton betragen und ist in dem beiliegenden Entwurf ohne zwingenden Grund um 10% erhöht.

Eisenschwellen in England.

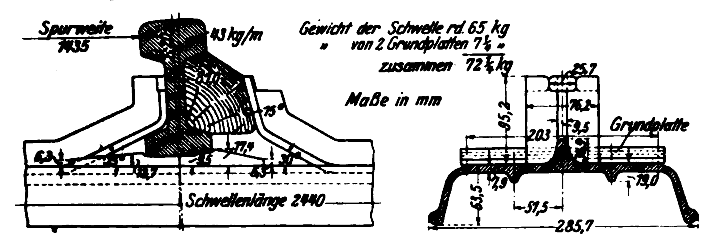
Bis heute überwiegt noch in den meisten Ländern der Eisenbahnoberbau mit Holzschwellen die Verwendung von Eisenschwellen. In Ländern mit ausgedehnter Stahlerzeugung wie in Deutschland und Belgien hat sich aber neben der Holzschwelle auch die Eisenschwelle durchzusetzen und zu behaupten verstanden, und in den Vereinigten Staaten sind die großen Stahlwerke bemüht, ihr Eingang und Verbreitung zu verschaffen.

Die englische Gleistechnik hat bisher im allgemeinen die Eisenschwelle abgelehnt und an der Holzschwelle festgehalten. Freilich mußte der größte Teil des zu Schwellen verarbeiteten Holzes aus dem Auslande eingeführt werden, und die hohen Geldbeträge, die dafür aus dem Lande gingen, wurden bitter empfunden. Durch Preissteigerungen, verursacht durch hohe Löhne in den Erzeugungsländern der Holzschwellen und durch hohe Frachtsätze, hat sich die Lage der Holzschwelle gegenüber der Eisenschwelle wesentlich verschoben, und beide sind z. Z. ungefähr gleich teuer. Dabei mag der Umstand mitgewirkt haben, daß die englischen Stahlwerke über Mangel an Beschäftigung klagen und daher zu Entgegenkommen bei der Preisbildung

bereit waren. Für die englischen Eisenbahnen fällt beim Übergang zu Eisen-Stahlschwellen noch der Umstand ins Gewicht, daß eine Tonne im Inland erzeugter Stahl drei Tonnen Rohstoffe bedeutet, die mit der Eisenbahn befördert werden, daß die englischen Eisenbahngesellschaften sich also selbst bei der Verwendung einheimischer Eisenschwellen Verkehr zuführen.

Eine gewisse technische Schwierigkeit ist in England beim Übergang von der Holz- zur Eisenschwelle zu überwinden. Im Gegensatz zum europäischen Festland mit seiner Breitfußschiene herrscht in England bekanntlich noch die Doppelkopfform, und deren Stützung ist nicht so einfach wie die der Breitfußschiene, die nur am Fuß befestigt zu werden braucht, während die Doppelkopfschiene am Steg erfaßt werden muß.

Als erste unter den vier Gruppen, zu denen jetzt die englischen Fernbahnen zusammengefaßt sind, macht die Süd-Eisenbahn den Übergang zur Eisenschwelle. Nachdem sie gegen acht Jahre dauernde Versuche mit ganz-eisernem Oberbau auf der Strecke London — Portsmouth angestellt hat, hat sie bei einem englischen Stahlwerk 70000 Eisenschwellen bestellt. Diese Lieferung im Gewicht von 5000 t soll dazu dienen, eine Strecke von 56 km auszustatten. Von den bei uns üblichen Schwellen, die zur Aufnahme einer Unterlagplatte eingerichtet sind, unterscheiden sich die englischen, Bauart Sandberg (siehe Abb.), dadurch, daß bei ihnen aus der Schwellendecke Zungen oder Klauen herausgedrückt sind, die die Schiene am Steg erfassen. Die Grundform der Sandberg-Schwelle ist das übliche nach unten offene U, jedoch verstärkt durch eine hohe Rippe auf und zwei



Einzelheiten der Eisenschwelle Bauart Sandberg.

kleinere Rippen unter der Schwellendecke. Die Enden sind geschlossen. Die Schwelle ist 2,44 m lang, 28,6 cm breit, 6,3 cm hoch. Die 2,7 cm hohe Rippe auf dem Rücken bildet, mit einem 7,6 cm breiten Streifen der Schwellendecke hochgebogen, eine kräftige Stütze für die Schiene. Der untere Kopf legt sich auf eine oben entsprechend der Kopfform ausgekehlte Unterlagplatte von 20 cm Breite. Die Schwelle wiegt 64,5 kg; dazu kommen noch je zwei Unterlagplatten von zusammen 7,3 kg Gewicht. Die Platten und die eichenen Keile, die die Schiene in dem durch die Aufbiegungen auf der Schwelle gebildeten Maul festlegen, sind, abgesehen von den Laschen und deren Schrauben, die einzigen losen Teile. Bei einem Tonnenpreis von 11 £ kostet die Schwelle mit ihren beiden Platten etwa 15½ sh (15,50 ℳ). Sie besteht aus saurem Bessemer- oder basischem Siemens-Martin-Stahl; ein Zusatz von 0,2% Silizium soll den Stahl vor Rost schützen.

Die erste Lieferung von 5000 t ist noch nicht derart, daß sie den Beschäftigungsgrad der englischen Stahlwerke wesentlich beeinflussen wird, sie kann aber als ein Schritt auf einen neuen Weg angesehen werden. Die englischen Eisenbahnen verbrauchen jährlich etwa vier Millionen Schwellen, und schon 10% dieser Menge würden für die Stahlwerke eine Lieferung von 30000 t jährlich bedeuten.

Bei einer Lebensdauer der Holz- und der Eisenschwellen von 20 Jahren und bei dem jetzigen Preis beider sind die Kosten für Beschaffung, Einbau, Unterhaltung und Erneuerung ungefähr gleich. Steigt jedoch der Preis der Holzschwelle nur um 6 Pence (0,50 ℳ) und haben die Eisenschwellen eine längere Lebensdauer, — nach den Erfahrungen in anderen Ländern kann man auf 30 Jahre rechnen, — so fällt eine vergleichende Kostenberechnung zugunsten der Eisenschwelle aus. Dazu kommt noch, daß es bei zunehmender Verbreitung des ganz eisernen Oberbaues voraussichtlich möglich sein wird, die dazu benötigten größeren Mengen Eisenschwellen zu billigerem Preis zu beschaffen.

W.

Eisenbetonplatten statt Schotterbettung.

Zu den im Bericht im Heft 10, Jahrg. 1928 des Organs besprochenen Versuchen werden in der Zeitschrift Railway Age, Heft 13, Jahrg. 1928 die Erfahrungen nach einer Betriebsdauer von 21 Monaten mitgeteilt. Durch das Fehlen der Unterlagplatten trat eine Zerstörung des Betons nicht ein. Die Zahl der bisher vorhandenen Klemmplättchen hat wohl für das Festhalten der Schienen auf der Unterlage genügt, sie ist aber nicht hinreichend, größere Schienenwanderungen aufzuhalten. Die Vermehrung der Klemmplättchen an den beiden Schienenenden hat die Wanderung wesentlich verringert. Das eine Gleis ruht auf der ganzen Länge der Versuchsstrecke auf Hartfilzplatten von 3 mm Dicke. Es hat sich ergeben, daß nicht nur eine isolierende Wirkung erreicht wird, sondern daß auch die Schiene satter aufliegt und die Klemmplättchen eine größere Haltkraft erhalten. Durch die Filzunterlagen wird außerdem der Beton geschützt und das Fahrgeräusch sehr vermindert. Die gleichmäßige Senkung der Platten beträgt seit dem Einbau 38 mm. Hiervon rühren 13 mm von der nach jedem Umbau erfolgenden Setzung her, weitere 13 mm sind eine Folge der Wintermonate. Unterschiede zwischen den Senkungen zweier benachbarter Platten sind so gering, daß sie mit dem freien Auge nicht wahrnehmbar sind und sich auch beim Befahren nicht bemerkbar machen. Bezüglich des elastischen Verhaltens der Schienenunterlage bleiben die Betonplatten um etwa 16% hinter der Schotterbettung zurück. Die einzigen Unterhaltungskosten fielen durch die Auswechslung der Fußschrauben an, die mit ¾ " zu schwach waren und mit ⅞ bis 1 " hätten bemessen werden müssen.

Die Versuchstrecke wird auch weiterhin genau beobachtet. Nach den vorhandenen Erfahrungen kann durch Entfall der einbetonierten Metallunterlagen die Anordnung vereinfacht werden, auch an der Bemessung der Betonstärke und den Eiseneinlagen kann noch gespart werden. Man nimmt an, daß die verbesserte Bauart um 105000 bis 118000 *RM*/km einschließlich Befestigungsmittel, jedoch ohne Schienen hergestellt werden kann. Um einseitige Senkungen der Platten auf einfache Weise beseitigen zu können, werden bei Neuanlagen in die Platten senkrechte Rohre einbetoniert, durch die trockener Sand oder Grus mit Druckluft unter die Platte gepreßt werden kann, sobald diese mit Kranen oder Winden leicht angehoben ist.

Die genaue Erprobung der Anordnung und die Ermittlung der noch möglichen Vereinfachungen wird noch geraume Zeit beanspruchen. Es besteht aber die Ansicht, daß diese Art der Schienenlagerung gerade für Gleise mit stärkstem Verkehr geeignet sein wird.

Wa.

Reinigen des Bettungsschotters mit Maschinenbetrieb.

Bei der Pennsylvania-Eisenbahn ist eine Vorrichtung zum Reinigen des zwischen den beiden Gleisen einer zweigleisigen Strecke liegenden Schotters im Probebetrieb. Sie ist auf zwei Güterwagen-Untergestellen aufgebaut, auf deren erstem auch ein 300 PS-Benzinmotor steht. Dieser treibt eine Dynamomaschine, die den Strom für den elektrischen Antrieb der einzelnen Teile der Vorrichtung, darunter für einen Luftverdichter, liefert. Auf der inneren Längsseite des ersten Wagens bewegen sich in Führungen zwei Greifer von etwa 0,4 m³ Inhalt. Der Zug fährt mit hochgehobenen Greifern. Zur Arbeit wird zunächst der erste Greifer gesenkt. Er ist an der Kante mit Zähnen versehen und faßt auf eine Länge von etwa 2,5 m die Hälfte des Schotters zwischen den Gleisen, gleitet dann in seinen Führungen in die Höhe und schüttet seinen Inhalt in einen Behälter aus. Während der Hubbewegung ist der Zug um etwa 2 m vorgerückt, wobei ein einstellbarer Pflug den Schotter, der jenseits der gemeinschaftlichen Achse der beiden Gleise liegt, in den Fassungsbereich des zweiten Greifers geschoben hat.

Aus dem Behälter kommt der Schotter durch ein Becherwerk gehoben, in einen Behälter auf dem zweiten Wagen und wird von da über Siebe geleitet. Ein Luftstrom bläst dabei den Staub und Schmutz aus. Der gereinigte Schotter gelangt in einen Schütt-Trichter, der mit seiner 2 m breiten Öffnung den Raum zwischen den Gleisen bestreicht. Der durch diesen Trichter wieder auf den Bahnkörper entleerte Schotter wird durch eine Lehre nach der richtigen Querschnittsform abgestrichen.

Der durch die Siebe ausgeschiedene Grus wird durch ein auf einem Ausleger gelagertes Förderband in einen nachfolgenden Wagen übergeführt. Der Ausleger kann seitlich ausgeschwenkt werden, so daß der Grus auch neben der Bahn abgelagert werden kann. Erlauben es die Betriebsverhältnisse, eine längere Strecke ohne Pause zu reinigen, so können weitere Güterwagen zur Aufnahme der Rückstände angehängt werden, von denen jeder mit dem vorhergehenden durch ein Förderband in Verbindung steht.

Der ganze Zug wird durch eine Lokomotive an die Arbeitsstelle gebracht. Dort wird diese losgekuppelt und fährt ungefähr 150 m voraus, wo sie festgebremst wird. Sie steht mit dem Schotterzug durch ein Seil in Verbindung, das von diesem aus in Absätzen von etwa 2 m Länge und mit ungefähr 6,5 km Stundengeschwindigkeit aufgewunden wird.

Soll auch der im Gleis zwischen den Schwellen liegende Schotter gereinigt werden, so wird er vorher von Hand ausgehoben und in den Raum zwischen den Gleisen geworfen. Hierzu ist allerdings viel Handarbeit nötig. Die auf der Außenseite der zweigleisigen Strecke neben dem Gleis liegende Schottermenge mit der beschriebenen Vorrichtung zu reinigen, hat sich nicht als zweckmäßig erwiesen.

Die Vorrichtung zum Reinigen des Schotters hatte zu der Zeit, als in Engineering News-Record (24. Januar 1929, S. 131) über sie berichtet wurde, etwa 215 km Strecke bearbeitet und scheint sich dabei bewährt zu haben. An einem Arbeitstag kann sie etwas über 1500 m³ Schotter aufnehmen, was etwa einer Länge des Arbeitswegs von 2300 m entspricht.

Über den Betrieb der Vorrichtung enthält die Zeitschrift Railway Engineering und Maintenance (Januar 1929) einige nähere Angaben. Der Zug besteht außer aus den beiden Maschinenwagen aus fünf Wagen von 64 t Tragfähigkeit zur Aufnahme des Schmutzes, einem gedeckten Güterwagen, in dem Öl, Ersatzteile u. dergl. mitgeführt werden, und einem Zugführerwagen. Dieser Zug ist mit zwölf Mann besetzt, von denen aber nur sechs beim Reinigen des Schotters arbeiten. Während der Arbeit des Zuges begibt sich der Zugführer nach der nächsten Fernsprechbude an der Strecke und bleibt dort dauernd in Verbindung mit der Zugleitung, der er einerseits meldet, wenn die Arbeit beendet ist, von der er andrerseits die Anweisung erhält, die Arbeit zu unterbrechen und das nächste Kreuzungs- oder Überholungsgleis aufzusuchen, um einen Zug vorbeizulassen.

Der Zug arbeitet täglich in zwei Schichten. Auf dem nächsten Bahnhof, wo er die Nacht zubringt, findet er fünf leere Wagen zum Auswechseln gegen die beladenen, die er mitbringt. Die Förderbänder werden mit Hilfe eines Krans, der sich auf einem der Maschinenwagen befindet, von den vollen auf die leeren Wagen übergehoben.

Nach den Berichten hat die Reinigung des Schotters mit der beschriebenen Vorrichtung manche Vorzüge gegenüber der Reinigung von Hand. Die Leistung ist größer und der Betrieb ist wirtschaftlicher. Das Wetter hat keinen wesentlichen Einfluß auf die Leistung; sie sinkt unter ungünstigen Umständen nur um etwa 5% gegenüber der Regelleistung. Nur bei sehr großer Nässe und schlammigem Schotter ergeben sich einige Schwierigkeiten. W.

Feststellen von Schienenbrüchen.

Nach langen Versuchen hat die amerikanische Eisenbahnvereinigung (American Railway Association) der Verwendung eines Fahrzeuges zugestimmt, das auf einem laufenden Papierstreifen Ort und Größe von Schienenbrüchen aufzeichnet und mittels eines Farbenstriches auf der Schiene selbst die Stelle des Bruches anzeigt.

Die Einrichtung beruht auf der Erscheinung, daß alle Gefügestörungen in der Schiene Hindernisse für den Stromlauf bilden, wenn die Schiene zum Stromleiter gemacht wird, gleichgültig wie groß die Risse sind und wie sie zur Schienenachse liegen. Der Strom ist an solchen Stellen gezwungen seine Fortpflanzungsrichtung zu ändern und das Hindernis zu umgehen. Die neue Sucheinrichtung verzeichnet jede Änderung der Fortpflanzungsrichtung in der Schiene. Die maschinelle Ausrüstung des Wagens besteht aus einem fremderregten Stromerzeuger für 4000 Amp. bei 2 V-Spannung, der von einer Brennkraftmaschine angetrieben wird, aus Schienenreinigungsbürsten, Stromübertragungsbürsten und einem Suchgerät, das am Schienenkopf zum Aufsuchen und Messen der aus ihrer Richtung abgelenkten Ströme entlang geführt wird. Da diese Richtungsänderungen sich nur sehr schwach äußern, sind Verstärker und Übertragungswerke (Relais) vorgesehen, die die Schreibinstrumente betätigen. Das wichtigste Schreibinstrument hat sieben Schreibstifte. Sechs davon, nämlich drei für jede Schiene, zeichnen die Gefügestörungen auf und ein Schreibstift gibt in der Mitte des Streifens die Punkte der Schienenverbindungen an. In Übereinstimmung mit den Aufzeichnungen gibt eine Farbpistole einen Schuß Farbe auf die Schiene an der Stelle, die Anlaß zur Aufschreibung gibt.

Die ganze Einrichtung ist auf einem zweiachsigen Fahrgestell aufgebaut, das eine handbediente Vierradbremse besitzt. Ein Motorschlepper bewegt das Fahrzeug mit etwa 8 km Stundengeschwindigkeit über die Strecke.

Zur Stromübertragung auf die Schienen dienen 32 Kupferbürsten, die in vier Gruppen zu je acht Stück angeordnet sind und mit kräftigen Federn gegen die Schiene gepreßt werden. Die Bürstensätze können hochgezogen werden, wenn die Messungen beendet sind. Das Suchgerät, das am Schienenkopf entlang geführt wird, ist eine Art Spule. Die Stromstärke in ihr wird durch die Änderung der Stromfortpflanzungsrichtung in der Schiene beeinflußt. Die Verstärker vervielfachen die im Suchgerät erzeugten Spannungen ungefähr 25000fach und beliefern zwölf Übertragungswerke, die die Stromkreise für die Aufschreibgeräte und die mit Preßluft arbeitende Farbpistole betätigen.

Das Untersuchungsfahrzeug hat vor kurzem die beiden Hauptgleise der Strecke zwischen Beacon und Rensselaer der New York Central Eisenbahn durchfahren. Dabei wurden 35000 Schienen, die etwa 5½ Jahre liegen, untersucht. Nur bei 0,06% dieser Schienen wurden geringere und einige wenige größere Gefügestörungen festgestellt.

Auf Grund der guten Erfahrungen mit dem Untersuchungsfahrzeug ist bereits ein weiterer Schienenuntersuchungswagen gebaut worden, der auf den von Chigaco ausgehenden Strecken Dienst macht. Eb.

(Railw. Age, Nov. 1928.)

Buchbesprechungen.

Einführung in die Kenntnis des Oberbaus. Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn. Berlin 1928. 48 Seiten. 0,75 *R.M.*, Vorzugspreis für die Reichsbahn 0,50 *R.M.*

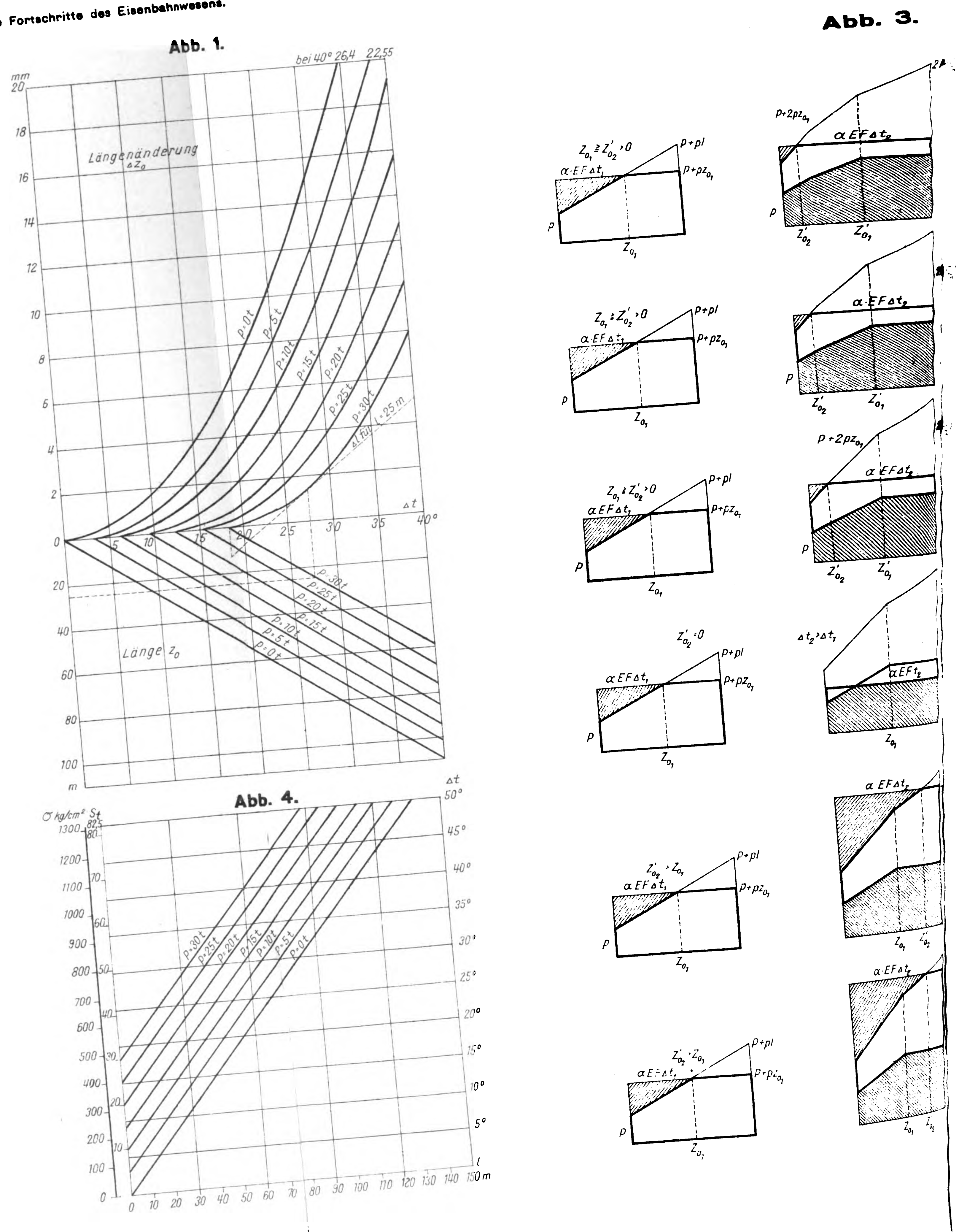
Der Verlag gibt im amtlichen Auftrag für die Reichsbahn-Dienstanfängerschule Lehrstoffhefte heraus. Die Hefte verfolgen den Zweck, dem Lehrer den Stoff kurz darzubieten und dem Lernenden eine Hilfe beim Durcharbeiten des in den Unterrichtsstunden gehörten Lehrstoffes zu sein. Als erstes der Hefte ist soeben „Einführung in die Kenntnis des Oberbaus“ aus dem „Bautechnischen Dienst“ erschienen. Es enthält außer seinen Hauptabschnitten (Das Gleis, Beschreibung der Einzelteile, Weichen und Kreuzungen usw.) noch Wiederholungsfragen, Schriftennachweis und Sachverzeichnis.

Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereins deutscher Ingenieure, herausgegeben von Conrad Matschoß. 18. Band 1928. 189 Seiten mit 209 Abbildungen im Text und 17 Bildnissen. In Leinen gebunden 12,— *R.M.*, für VDI-Mitglieder 10,80 *R.M.* VDI-Verlag Berlin.

Die Pflege der Geschichte der Technik hat der Verein deutscher Ingenieure von jeher als eine wichtige Aufgabe angesehen und in seinem Jahrbuch „Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie“ das erste ausschließlich der Geschichte der Technik gewidmete Organ geschaffen.

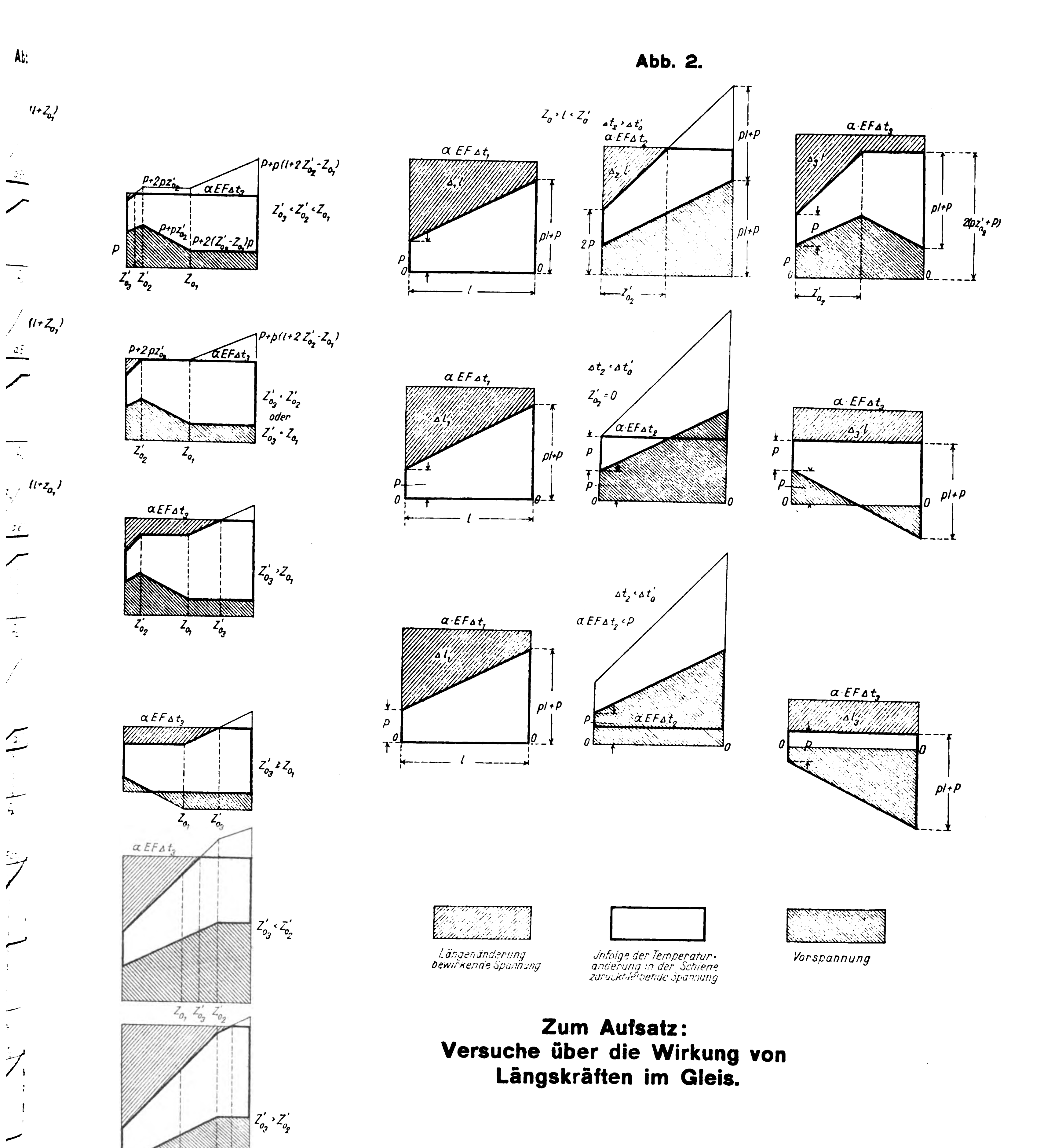
Der jetzt vorliegende 18. Band des Jahrbuches bringt wieder eine große Anzahl Beiträge aus der Feder altbewährter und neuer Mitarbeiter, so „Der Bergbau des Oberharzes, seine Ausbeutemünzen und Ausbeutefahnen“, „Die altpersische Königsstraße (Susa-Sardes) in bautechnischer Beleuchtung“, „Die ersten Versuche einer Dampfschiffahrt auf der Donau“, „Aus der Entwicklungsgeschichte der Klein-Eisenindustrie in der ehemaligen Grafschaft Mark und dem Herzogtum Berg“.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

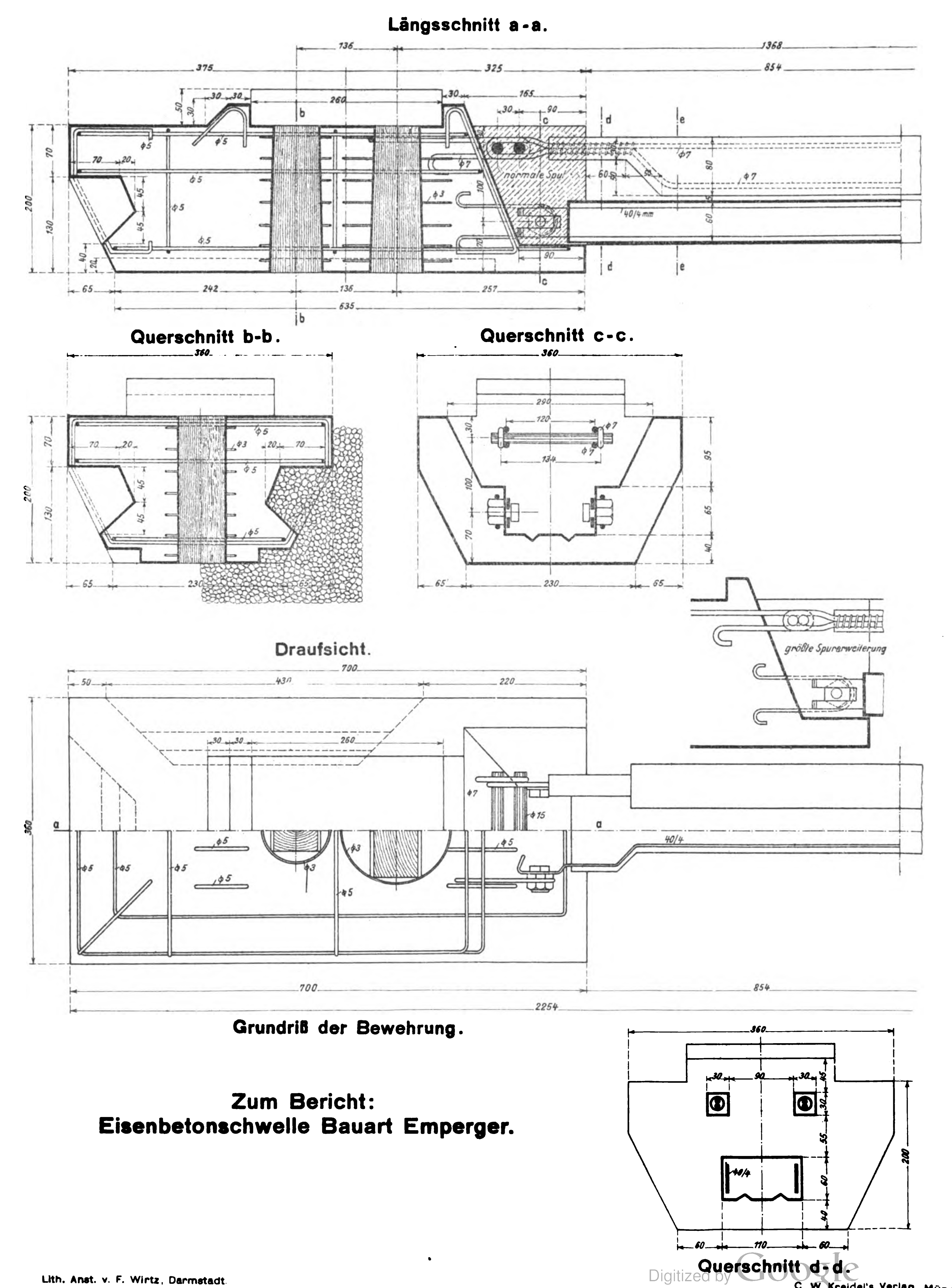
Abb. 2.



Zum Aufsatz: Versuche über die Wirkung von Längskräften im Gleis.

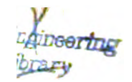
C. W. Kreidel's Verlag, München





Zum Bericht: Eisenbetonschwelle Bauart Emperger.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt. C. W. Kreidel's Verlag, München.



1929
84. Jahrgang

ORGAN

FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Heft 15
1. August

Inhaltsverzeichnis.



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

84. Jahrgang | 1. August 1929 | Heft 15

Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Preis-Erteilung.

Der Preisausschuß des Vereins hat von den auf das Preisausschreiben vom Juni 1926*) eingegangenen Bewerbungen folgende mit einem Preis bedacht:

1. a) Verkürzte Kreuzungsweichen und
   b) die Spurkranzreibung
   Bäseler, München . . . . 2500 *RM*
2. Gleisbettung durch Stampfen
   Hundsdorfer, München . . . . . . 2000 „
3. a) Herzstückschweißung mit Thermit und
   b) Spurkranzschweißung
   Gollwitzer, Neuaubing b. München . 3000 „
4. Schienenautobus
   Pogany, Budapest . . . . 1500 „
5. a) Drehpfanne für Eisenbahnwagen und
   b) Kopfklappenverschluß für offene Güterwagen
   Schröder, Berlin-Wilmersdorf . . . . 1500 „
6. a) Schneepflüge für Lokomotiven und
   b) Spurräumer
   Klima und Reischenbacher, Salzburg 2000 „
7. Lokomotivdrehscheibe auf drei Stützen
   Mundt, Bilthoven (Holland) . . . . . 2000 „
8. Einrichtung und Vorkehrung für die Bedienung des Stückgutverkehrs auf den Eisenbahnen
   Reffler, München . . . . 1500 „
9. Die Absteckung von Gleisbogen aus Evolventenunterschieden
   Höfer, Altona (Elbe) . . . . 2000 *RM*
10. a) Ingenieurholzbauten bei der Reichsbahndirektion Stuttgart
    b) Verstärkung, Umbau und Auswechslung von Eisenbahnbrücken
    Schaechterle, Stuttgart . . . . . . 2500 „
11. Die Dampflokomotive, Entwicklungsgeschichtliche Darstellung
    Jahn, Danzig . . . . 2500 „
12. Sicherungseinrichtungen für den Zugverkehr
    Möllering, Dresden . . . . 1500 „
13. Hauptfragen der Reichsbahnpolitik
    Dr. Giese, Hamburg . . . . 2500 „
14. Der Lastkraftwagenverkehr seit dem Kriege insbesondere sein Wettbewerb und seine Zusammenarbeit mit den Schienenbahnen
    Merkert, Feuerbach (Württemberg) . 1500 „
15. Der Wettbewerb zwischen Eisenbahn und Kraftwagen
    Wagner, Budapest . . . . 1500 „

Berlin, im Juli 1929.

Geschäftsführende Verwaltung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen.

*) Vergl. Organ 1926, S. 269.

Generaldirektor Dr. Dorpmüller 60 Jahre.

Am 24. Juli vollendet der Generaldirektor der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft Dr. Ing. e. h. Julius Dorpmüller sein 60. Lebensjahr. Erst vor kurzem wurde seine Wiederwahl zum Generaldirektor der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft mit Genugtuung begrüßt. Schon daraus geht hervor, daß es Dr. Dorpmüller in seiner Tätigkeit als Leiter der Deutschen Reichsbahn gelungen ist, das Vertrauen weitester Kreise zu gewinnen.

Aus dem Dienst der preußischen Staatsbahnen hervorgegangen, hat Dr. Dorpmüller im Ausland Gelegenheit gehabt, im Wettbewerb mit ausländischen Unternehmungen im Geiste auf sich selbst gestellter Privatwirtschaft deutsche Pionierarbeit zu leisten. Gewiß sind seine weitgehenden eisenbahntechnischen Fachkenntnisse von besonderer Bedeutung für den verantwortungsvollen Posten des obersten Reichsbahnleiters. Die größten Schwierigkeiten der letzten Jahre bestanden jedoch in der Umstellung der Reichsbahn in ein Unternehmen, in dem kaufmännischer Weitblick zu maßgebendem Einfluß gelangte. Gerade die Finanzwirtschaft der Reichsbahn ist einer der wichtigsten Punkte, an denen die persönliche Initiative des Generaldirektors mit Nachdruck eingesetzt hat. Die kameralistische Buchführung wurde über Bord geworfen, durch den Übergang zu privatwirtschaftlichen Methoden wurde die Grundlage für Rentabilitätsberechnungen im Betriebe gelegt. Die Öffentlichkeit hat dadurch die Möglichkeit erhalten, die finanziellen Verhältnisse der Reichsbahn zu beurteilen. Der Einblick in die Einzelheiten der Einnahmen- und Ausgabengestaltung erleichtert das Verständnis für die Tarifpolitik der Reichsbahn, deren Buchführung bei Fortsetzung der früher üblichen Geheimniskrämerei sicher auf Schwierigkeiten gestoßen wäre.

Dr. Dorpmüller hat sich in dem engen, durch die Reparationsverpflichtungen beschränkten Rahmen mit Erfolg bemüht, die Tarifgestaltung den Wünschen der Wirtschaft anzupassen. Der hohe Prozentsatz des Güterverkehrs, der auf Grund von Ausnahmetarifen abgewickelt wird, legt von diesem Bemühen sichtliches Zeugnis ab. Die Erhöhung der seit 1924 unveränderten Gütertarife erfolgte im Oktober vorigen Jahres erst, als die von außen aufgezwungene Mehrbelastung durch Reparationen, Lohn- und Gehaltserhöhungen einen anderen Ausweg nicht mehr zuließ. Die Tarifpolitik der Reichsbahn wird in entscheidender Weise durch die Konkurrenz anderer Verkehrsmittel beeinflußt, für die durchaus ungleiche und günstigere Wettbewerbsgrundlagen bestehen als für die durch Reparationen und aus politischen Gründen übernommene Pensionslasten vorbelastete Reichs-

bahn. Die Abwanderung auf andere Verkehrsmittel infolge des Mangels einer rationellen amtlichen Verkehrspolitik bildet eine der schwersten Sorgen Dr. Dorpmüllers, wie man dem Vortrag, den er Ende Januar vor geladenem Kreise hielt, entnehmen kann. Mit schonungsloser Offenheit hat der Leiter der Reichsbahn die Gefahren aufgezeigt, die der Reichsbahn und der Allgemeinheit aus der Verkehrsabwanderung drohen. Hier liegen noch Aufgaben vor, für die Verständnis und Mitarbeit weitester Kreise einsetzen muß, die aber auch in der Leitung dieses gewaltigen Verkehrsunternehmens einen ganzen Mann erfordern.

Die Rücksicht auf die Interessen der Wirtschaft, soweit es sich im Rahmen der finanziellen Verhältnisse nur ermöglichen läßt, ist für den Generaldirektor der Reichsbahn auch bei der Erteilung der Aufträge an die Industrie, deren Betrag jährlich weit über eine Milliarde Reichsmark hinausgeht, insofern ausschlaggebend, als angestrebt wird, durch zweckmäßige Verteilung der Aufträge konjunkturausgleichend zu wirken. Auf der anderen Seite führte die Wahrung der ihm anvertrauten finanziellen Interessen der Reichsbahn-Gesellschaft zu einer Neuordnung des gesamten Beschaffungswesens nach privatwirtschaftlichen Gesichtspunkten. Die vor zwei Jahren eingeleitete Umgestaltung des Reichsbahn-Zentralamts steht kurz vor dem Abschluß.

Im Betriebe selbst herrscht als oberster Grundsatz die Wahrung der Betriebssicherheit. Eine. Reihe technischer Vorschläge zur Erreichung erhöhter Sicherheit ist auf persönliche Anregungen Dr. Dorpmüllers zurückzuführen. Immer wieder ist von ihm betont worden, daß der Oberbau neben den sonstigen Ausgaben nicht zu kurz kommen dürfe. Verstärkung des Oberbaus, Durchführung der Kunze-Knorr-Bremse, Einführung neuer Puffer und Kupplungen, sowie Zugbeeinflußung sind die wichtigsten Punkte seines technischen Verbesserungsprogrammes. Seine Erfolge in der Rationalisierung des Betriebes durch organisatorische Maßnahmen (z. B. Zusammenlegung der Werkstätten) können hier als bekannt vorausgesetzt werden. Die Neueinteilung der Direktionsbezirke steht noch bevor.

Das ganze Schaffen und Wirken Dr. Dorpmüllers läßt erkennen, daß hier der rechte Mann am rechten Fleck steht. Sein aufrichtiger Charakter, die Offenheit und Klarheit, mit der er der Verwirklichung seiner Pläne im Dienste der Allgemeinheit, unbeirrt durch Augenblicksgunst oder Ungunst der breiten Masse, zustrebt, sind die Grundlagen seiner Erfolge und seiner allgemeinen Wertschätzung.

Mögen Dr. Dorpmüller noch viele Jahre segensreichen Schaffens beschieden sein.

Die betriebswirtschaftliche Vollabrechnung in den Reichsbahn-Ausbesserungswerken der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Von Reichsbahnrat **Böttinger,** München.

Hierzu Tafel 14.

1. Allgemeines.

Nach der Verwaltungsordnung der früheren deutschen Staatseisenbahnen ist das Werkstättenwesen in den Haushalt der Betriebsverwaltung mit einbezogen gewesen. Damit begnügte man sich wie bei der Gesamtwirtschaftsführung der Staatseisenbahnen in der Hauptsache mit einer Gliederung der Einnahmen und Ausgaben und dem Vergleich mit dem Anschlag. Wenn auch diese Art der Wirtschaftsführung des reinen Staatsbetriebes in ruhigen und normalen Verhältnissen genügt hatte, so trat doch bald nach dem Kriegsende bei der besonders schwierigen Lage der deutschen Eisenbahnen sowohl für den Gesamtbetrieb als auch besonders und zuerst im Werkstättenwesen der Wunsch hervor, aus einer eingehenderen Betriebskostenrechnung die Selbstkosten und die größeren Verlustquellen besser erkennen zu können. Denn gerade in den Jahren, in welchen man große Instandsetzungsaufträge für Fahrzeuge an die Privatindustrie vergeben mußte, erwies es sich bei der Preisvereinbarung und Abrechnung mit den Firmen als nachteilig, daß man nicht einmal in den eigenen Werken die nötigen Unterlagen besaß, um die Selbstkosten der Ausbesserung und die eigenen Unkosten festzustellen. Um so mehr war man bei der Vergebung von Aufträgen an Firmen auf Schätzung der Arbeitsmenge und des Arbeitswertes der Ausbesserungsarbeiten in deren Werken angewiesen.

Zuerst wurde in den eigenen Werken der Reichsbahn mit der Einführung des Gedinges und später der Zeitaufnahmen die Arbeitsmenge besser und richtiger erfaßt als es vordem möglich war. Neben den guten Erfolgen, den diese Maßnahmen für die Arbeit in den Eisenbahnwerken selbst brachte, gestatteten sie nun auch einen besseren Vergleich der Arbeitsdauer für die Ausbesserung des gesamten Fahrzeuges wie seiner Einzelteile im eigenen Werk mit den von den Privatwerken geforderten Arbeitszeiten für den gleichen Vorgang. So konnte man bald der beteiligten Industrie Arbeitsumfang und -dauer der Instandsetzung ziemlich genau vorschreiben. Nicht so einfach und schnell gelang dies bezüglich der Unkosten, des anderen Faktors, der die Ausbesserungskosten stark beeinflußt. Diesen mußte man mangels jeder näheren Kenntnis seiner Größe im Eigenbetriebe, weiterhin schätzen,

Der Wunsch nach besserer Kenntnis der Selbstkosten und der Unkosten zur Durchforschung der Werkbetriebe und zur Beseitigung von Verlustquellen wurde immer lebhafter. weshalb die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft die „betriebswirtschaftliche Vollabrechnung“ in den Reichsbahn-Ausbesserungswerken einführte. Diese umfaßt das gesamte Abrechnungswesen eines Eisenbahnwerkes, d. h. die Lohn- und Stoffabrechnung, die Sammlung, Verteilung und Verrechnung der Werkkosten, die Auftragabrechnung, das Buchungswesen und die technische Nachprüfung. An Stelle der früheren Haushaltwirtschaft soll also eine Erfolgswirtschaft treten. Sie soll demnach

1. die Unterlagen für die Nachprüfung der Wirtschaftlichkeit und für die Abrechnung des Werkbetriebes in allen seinen Zweigen sammeln und auswerten;
2. die Kosten der Werkerzeugnisse feststellen und die Auftraggeber zutreffend belasten, sowie
3. die Ergebnisse in Wirtschaftsabschlüssen und Bilanzen darstellen.

Für das Werkstättenwesen wird auch eine besondere Rechnung gelegt werden. Sie muß sich beim Rechnungsabschluß ausgleichen, d. h. sämtliche Kosten der Werkverwaltung, die nicht durch unmittelbare Einnahmen, z. B. aus Arbeiten für Private, Verkäufe von Altstoffen u. dergl. gedeckt werden sollen, müssen durch Aufrechnung der Erzeugungs- und Ausbesserungskosten sowie der Unkosten in Form von Zuschlägen hierzu dem Eisenbahnbetrieb angelastet werden. Es beruht auch hier die Wirtschaftsführung auf dem Voranschlag. In seinem Rahmen muß aber der Wirtschaftlichkeit des Werkbetriebes mit seiner industriellen Arbeitsweise die größte Bedeutung zugemessen werden.

Die betriebswirtschaftliche Vollabrechnung sieht die monatliche spitze Abrechnung vor, d. h. alle für einen Monat wirtschaftlich zu buchenden Kosten müssen im gleichen Monat den Auftraggebern, soweit sie zur Reichsbahn gehören,

angerechnet werden, ohne Rücksicht darauf, ob die Arbeiten bereits endgültig fertiggestellt sind oder nicht. Für ein und denselben Auftrag können daher mehrere Anrechnungen in verschiedenen Monaten erscheinen.

2. Bestandsaufnahme und Eröffnungsbilanz.

Für die betriebswirtschaftliche Vollabrechnung müssen zunächst die Bestandwerte jedes Werkes festgestellt werden. Die Ergebnisse der Bestandaufnahme sind in die Eröffnungsbilanz zu übernehmen. Diese ist dem Muster der Wirtschaftsbilanz angepaßt, das die Reichsbahndirektionen benutzen, um den Vermögensstand bei der Bezirksabrechnung darzustellen. Auf der Vermögensseite der Eröffnungsbilanz erscheinen der auf das einzelne Werk entfallende Anteil des Reichseisenbahnvermögens mit dem Anlagezuwachs (festliegendes Vermögen), die Betriebsvorräte (Stoffe), die Kasse, die Beteiligungen und die Forderungen (umlaufendes Vermögen). Auf der Seite der Verbindlichkeiten stehen die Anlageschuld, die Betriebsrücklage und die sonstigen Schulden. Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft und damit die Werke haben kein Eigentum an den Reichseisenbahnanlagen, sondern nur das Betriebsrecht. Es wird nur angenommen, daß ihnen das Reichseisenbahnvermögen zur Ausübung ihrer Wirtschaft übertragen sei. Als Anlagezuwachs gelten alle Arbeitsausführungen und Beschaffungen, die nicht zum Ersatz verbrauchter Werkanlagen oder Betriebsgegenstände, sondern zur Vermehrung, Erweiterung oder Verbesserung der Werkanlagen, also zur unmittelbaren Hebung der Wirtschaftlichkeit dienen. Die Grundstücke werden zum gemeinen Wert angesetzt. Dieser besteht aus den auf die Gegenwart diskontierten zukünftigen Erträgen und einmaligen Vorteilen.

Für die übrigen Anlagen wird ein Buchwert angenommen, der sich aus dem Neuwert, vermindert um die Abschreibungen ergibt. Die Abschreibungssätze tragen bei den einzelnen Anlagearten der Lebensdauer und dem Veralten infolge technischen Fortschrittes Rechnung. Wenn der Zeitwert (Gebrauchswert) erheblich vom Buchwert abweicht, kann ersterer genommen werden. Die Bestandwerte werden für jede Anlageart und jede Werkbetriebsstelle (Kostenstelle) ermittelt. Der Posten Betriebsvorräte enthält die Werte der Vorratsbestände aller derjenigen Stoffarten, über die ein Vorratskonto geführt wird.

Die Forderungen teilen sich in solche an Dritte und solche aus unverrechneten Posten. Zu letzteren gehören die unabgerechneten Werkleistungen, die unverrechneten Werkkosten und die unabgerechneten Bestände an Ausstattungsgegenständen, d. h. solchen Vorräten, die zwar auf Lager liegen, wie z. B. noch nicht verwendete Werkzeuge und Geräte, über die aber nach den derzeitigen Anordnungen keine Vorratskonten geführt werden.

Die Anlageschuld entspricht dem Anteil des Werkes an den Stammaktien, Vorzugsaktien und Reparationsschuldverschreibungen sowie am Anlagezuwachs und bildet den Gegenposten auf der Seite der Verbindlichkeiten zum Reichseisenbahnvermögen auf der Vermögensseite.

Die Betriebsrücklage stellt den Gegenwert für das Betriebskapital im Zeitpunkt der Eröffnungsbilanz der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft bei ihrer Gründung dar, also das Kapital, das das Deutsche Reich der Gesellschaft zur Betriebsführung mitgegeben hat. Sie geht unverändert in alle späteren Bilanzen über und umfaßt in den Werken nur den Wert der Betriebsvorräte, die am 1. Januar 1926 dort vorhanden waren.

Zu den Schulden des Werkes gehören bei der ersten Eröffnungsbilanz Schulden aus Pfand- und Verwahrgeldern, aus Wohlfahrtseinrichtungen, sonstige Schulden, Schulden an die Hauptkasse und Schulden an den neuen Monat.

Vom Tage der Aufstellung der Eröffnungsbilanz an sind alle Einnahmen und Ausgaben vollständig und planmäßig zu erfassen, damit die Bestandbewegung fortlaufend übersehen und erkannt werden kann, ob die Geldmittel im Rahmen des Wirtschaftsplanes verwendet werden.

3. Abgrenzung und Erfassung der Kosten der Werkleistungen.

Die Hauptaufgabe der Reichsbahn-Ausbesserungswerke ist die Instandhaltung des Fahrzeugparkes für den Eisenbahnbetrieb. Als Auftraggeber dem Werke gegenüber erscheinen daher die betriebsführenden Reichsbahndirektionen oder deren Ämter und Dienststellen. Neben der Ausbesserung der Lokomotiven und Wagen werden in den Werken auch noch andere Arbeiten für die Reichsbahnstellen ausgeführt, natürlich auch die für die Einrichtung oder Betriebsführung sowie für die Lagervorräte des Werkes selbst. Weiterhin kommen Leistungen für die Vermögensrechnung, für die Reichspost, Gemeinschaftsverhältnisse, fremde Eisenbahnverwaltungen, Behörden und schließlich für Private vor. Alle diese zuletzt genannten Leistungen werden unter dem Ausdruck „Arbeiten für Dritte“ zusammengefaßt.

Nach der Art der Werkleistungen unterscheidet man „Arbeitsleistungen für die Fertigung oder Herstellung“, und „sonstige Leistungen“, worunter Personalabstellung, Abgabe von Betriebsvorräten aus den Lagern und Verkäufe verstanden werden.

Um die Wirtschaftlichkeit der Fertigungsarbeit prüfen und die Auftraggeber für die geleistete Arbeit zutreffend belasten zu können, müssen die Selbstkosten ermittelt werden. Diese bestehen aus den Herstellungskosten und den Sicherungszuschlägen. Erstere werden aus der Auftragsabrechnung gefunden, während die Sicherungszuschläge zur Vermeidung von Fehlbeträgen beim Abschluß durch Anwendung von Durchschnittssätzen bei der Kostenermittlung erhoben werden. Die Herstellungskosten zerfallen bei Arbeitsleistungen in Lohnkosten, Stoffkosten, Sonderkosten und Werkkosten (s. Textabb. 1). Die Lohnkosten umfassen den Lohnaufwand des eigenen Werkes mit Ausnahme der Hilfslöhne, die Stoffkosten sind die Werte der verwendeten Betriebsvorräte des eigenen Werkes außer den Hilfsstoffen. Die Sonderkosten sind Kosten für solche Leistungen und Lieferungen, die zu einem Arbeitsauftrag gehören, aber außerhalb des Werkes entstehen. Werkkosten sind die Gemeinkosten, welche entweder für die Betriebsführung, Unterhaltung und Erneuerung der Werkanlagen und -einrichtungen oder als Schuldendienst und sonstige Lasten des Werkes anfallen. Die Werkkosten gehören nicht zu einer bestimmten fest umrissenen Arbeitsleistung, können also nicht unmittelbar für einen einzelnen Auftrag nachgewiesen werden, z. B. Löhne für das Reinigen der Werkzeugmaschinen u. dergl. (Hilfslöhne), Stoffe für das Schmieren der Maschinen (Hilfsstoffe). Sie müssen daher in Form von Zuschlägen nach einem Schlüssel auf die Fertigungsarbeiten umgelegt werden. Nach dem Vorgang der meisten Industriebetriebe wird der Zuschlag auf die Lohn- und Stoffkosten gelegt, und zwar die Unkosten der Lagerstellen im Verhältnis der Werte der verwendeten Stoffe, die sonstigen Gemeinkosten im Verhältnis des Anteiles der Arbeitslöhne. Eine Besonderheit ergibt sich dadurch, daß nach der Art der gewählten Abrechnung die Herstellungskosten bei der Unterhaltung und Erneuerung der Werkanlagen im weiteren Verlauf der Abrechnung selbst einen Teil der Werkkosten bilden. Die hierfür aufgekommenen Lohn- und Stoffkosten müssen daher ohne Zuschläge bleiben, weil sonst die Werkkosten hierbei doppelt verrechnet würden.

Die Auftraggeber würden auch in der Weise mit den entstandenen Kosten belastet werden können, daß man alle

Werkleistungen.

Werkleistungen

Arbeitsleistungen	Sonstige Leistungen
Lohnkosten + Stoffkosten + Sonderkosten + Werkkosten	(Personalgestellung, Abgabe von Werkzeugen und Geräten, Abgabe und Überweisung von Betriebsvorräten u. dergl., Verkäufe)
Herstellungskosten + Sicherungszuschlag	
Selbstkosten	

Abb. 1.

Beispiel für den Aufbau des Kostenstellenplanes.

Allgemeinkostenstelle:	Werk als Ganzes							
Hauptgruppenkostenstelle:	Lokomotivwerkstätte (als Ganzes)				Wagenwerkstätte (als Ganzes)			
Gruppenkostenstelle:	Lokomotivrichthalle		Sonderschlossereien		Wagenrichthalle		Schreinerei	
Einzelkostenstelle:	Abbaugruppen	Aufbaugruppen	Steuerungsgruppen	Ausrüstungsgruppen	Hebegruppe	Achslagerschlosserei	Handschreinerei	Mech. Holzbearbeitung

Abb. 2.

Aufträge mit einem einzigen, aus dem Durchschnitt des Werkes gebildeten Werkkostenzuschlag abrechnen würde, allerdings nur mit einer gewissen Annäherung. Denn die Aufwendungen für Betriebsführung, Unterhaltung, Erneuerung usw. sind nicht für alle Zweige und Stellen des Werkbetriebes gleich, anderseits wird auch nicht an sämtlichen Stellen des Werkes für alle Aufträge im gleichen Anteil gearbeitet. Schon deshalb ist eine gewisse Unterteilung des ganzen Werkes in Bezirke nötig, für die die Werkkosten besonders ermittelt und verrechnet werden. Weiterhin ist es aber auch in technisch-wirtschaftlicher Hinsicht notwendig, jeden größeren Betrieb zu seiner Durchforschung zu unterteilen und so die Verlustquellen einzugrenzen und möglichst zu beseitigen. Man nennt diese Bezirke innerhalb des Werkes Kostenstellen. Sie werden eingeteilt in Fertigungskostenstellen, in denen, wie der Name sagt, Fertigungsarbeiten ausgeführt werden, ferner Allgemeinkostenstellen, die alle Werkkosten sammeln, die nicht unmittelbar auf die Fertigungskostenstellen verteilt werden können. Weiterhin gibt es Hilfskostenstellen. Das sind Betriebsstellen des Werkes, die selbst nicht an den Fertigungsarbeiten beteiligt sind, z. B. Elektrizitätserzeugungs- oder Übertragungsanlagen. Hilfskostenstellen können auch vorgesehen werden, wo Kosten besonders ermittelt und dann auf die beteiligten Stellen verteilt werden sollen, z. B. die Kosten des Verbrauches von Wasser, Sauerstoff. Schließlich kommen noch die Lagerkostenstellen, die der Beschaffung, Prüfung, Verwaltung und Ausgabe der Vorräte dienen. Jede der eben erwähnten Arten von Kostenstellen kann wieder in Hauptgruppen-, Gruppen- und Einzelkostenstellen in der Weise geteilt werden, daß die Gruppenkostenstelle die allen ihr zugehörigen Einzelkostenstellen gemeinsamen Werkkosten, die Hauptgruppenkostenstelle die allen zu ihr gehörigen Gruppenkostenstellen gemeinsamen Werkkosten, die nicht unmittelbar auf diese selbst gelegt werden können, aufzunehmen hat (s. Textabb. 2). Das Bestreben ist also, soviel als möglich von den Werkkosten auf die Einzelkostenstelle zu bringen. Nur diejenigen Kosten, die nicht mehr einer einzigen Einzelkostenstelle allein zugehören und nicht mehr auf sie allein gelegt werden können, kommen auf die ihr übergeordnete Gruppenkostenstelle, und erst wenn der Umfang der Aufwendungen noch über deren Gebiet hinausreicht, auf die Hauptgruppenkostenstelle. Die für das ganze Werk gemeinsamen Ausgaben, z. B. für den Werkdirektor und sein Büro, kommen auf die Allgemeinkostenstelle „Werk als Ganzes". Für jede der Einzel-, Gruppen- und Hauptgruppenkostenstellen sowie die Allgemeinkostenstelle wird ein eigener Zuschlagsatz ermittelt. Jeder Auftrag wird dann mit der Summe der Einzelzuschläge der Kostenstellen zu den Fertigungslöhnen, die bei ihnen anfielen, abgerechnet. Beträgt also z. B. der Zuschlagsatz bei der Einzelkostenstelle „Steuerungsgruppe" (s. Abb. 2) 17%, derjenige der ihr überlagerten Gruppenkostenstelle „Sonderschlossereien" 34% und der dazu gehörigen Hauptgruppenkostenstelle „Lokomotivwerkstätte" 7%, sowie der der Allgemeinkostenstelle „Werk als Ganzes" 33%, so beträgt der Gesamtzuschlag zu den Löhnen bei den in der Kostenstelle „Steuerungsgruppe" ausgeführten Arbeiten $17+34+7+33=91\%$.

Damit die Kosten der Arbeitsleistungen für die einzelnen Aufträge erfaßt und abgerechnet werden können, erhalten die Aufträge Nummern nach einem vom Werk festgelegten Auftragsnummernplan.

Zur Einleitung, Vorbereitung und Überwachung der Aufträge dienen die Auftragsstellen des Werkes. Sie erteilen die Auftragsnummern nach den Werkbestellzetteln, Bedarfsanmeldungen und Bestellschreiben. Fahrzeuge kommen ohne besondere Anschreiben in das Werk. Sie erhalten ihre Auftragsnummern auf Grund der Eingangsbücher, in die sie bei ihrer Zuführung eingetragen werden. Die Auftragsstellen bilden ein Glied in der Reihe von Maßnahmen, die zum Zwecke der Zusammenfassung der Arbeitsvorbereitung für alle Aufträge im Werk einschließlich der Fahrzeugausbesserung in neuerer Zeit in den Werken ergriffen werden. Das Ziel ist, vor Beginn der Arbeiten nicht nur die Arbeitsstunden beim Gedingeverfahren festzusetzen, sondern auch die notwendigen Stoffe aus dem Lager abzufordern, so daß sie rechtzeitig am Arbeitsplatz bereit liegen..

Die Löhne für die angefallenen Arbeitsleistungen werden mit Lohnzetteln, die Stoffe mit Stoffzetteln, die Sonderkosten mit Kostenzetteln erfaßt. Als Lohnzettel dienen die Zeitlohn- und Gedingezettel, die alle aus der Beschäftigung der Werkstättenarbeiter zu vergütenden Stunden ausweisen. Sie tragen sämtlich die Nummer des Auftrags, für die die Arbeit geleistet und die Kostenstelle, in der die Arbeit ausgeführt wird.

Zu den Stoffzetteln gehören die Verlangzettel sowie die Rücklieferungszettel, mit denen die Stoffe aus den Lagern entnommen oder dorthin zurückgegeben werden. Sie erhalten ebenfalls die Auftragsnummer, für welche die Stoffe verrechnet werden sollen. Die Rücklieferungszettel dienen zum Einliefern zuviel abverlangter Neustoffe.

Um den Gang der Ausbesserungsarbeiten zu beschleunigen und die Reihenarbeit zu ermöglichen, wird eine größere Anzahl

einbaufertiger Teile für Fahrzeuge in besonderen Tauschstellen vorrätig gehalten, so daß für ein ausgebautes, ausbesserungsbedürftiges Stück erforderlichenfalls sogleich ein einbaufähiges eingesetzt werden kann. Diese Tauschstücke werden auf Tauschzettel hin ausgegeben. Die Tauschstücke werden nach den durchschnittlichen Aufarbeitungskosten (Lohn + Zusatzstoffe) bewertet, die in einfacher Weise ermittelt werden.

Die Sonderkosten, die zum Aufwand des Werkes für einen bestimmten Auftrag gehören, aber keine Lohn-, Stoff- oder Tauschstückkosten sind, ergeben sich aus den Rechnungen der Lieferer. Für jeden Auftrag, der an den Kosten solcher Leistungen Anteil hat, wird ein Kostenzettel zur Belastung dieses Auftrages mit dem entsprechenden Betrag ausgestellt.

Die Werkkosten gliedern sich in Kosten für a) Betriebsführung und Unterhaltung, b) Erneuerung sowie c) Schuldendienst und sonstige Lasten. Die Kosten zu a) bestehen aus den persönlichen Kosten, wie Besoldungen, Löhnen der Hilfskräfte im Beamtendienst, der Schreibkräfte, Reisekosten, Unterstützungen usw., ferner aus sächlichen Ausgaben, wie z. B. für die Unterhaltung der Werkzeuge und Geräte sowie der baulichen, elektrischen und maschinenartigen Anlagen des Werkes, Verbrauch von Wasser, Gas, Elektrizität usw. Die Erneuerungskosten spielen eine besondere Rolle. Nach dem Reichsbahngesetz ist die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft, und damit das Werk, verpflichtet, die Werkanlagen nebst den Betriebsmitteln nach dem Bedürfnis und dem jeweiligen Stand der Technik auf eigene Kosten gut zu unterhalten und weiter zu entwickeln. Hieraus erwächst die Verpflichtung, die Anlagen und ihr Zubehör zu erneuern oder zu ersetzen, wenn sie durch Abnutzung, Altern oder Veralten unbrauchbar werden. Diese Aufgabe wäre nach kaufmännischen Grundsätzen durch Abschreibungen zu erfüllen. Da aber das Werk nur das Betriebsrecht hat, kann es nicht abschreiben, sondern muß erneuern. Man unterscheidet zwischen tatsächlicher Erneuerung (Erneuerungs-Ist) und planmäßiger Erneuerung (Erneuerungs-Soll). Die Höhe der letzteren wird für jedes Geschäftsjahr dem Werk bekanntgegeben. Sie richtet sich nach der durchschnittlichen Nutzungsdauer aller erneuerungspflichtigen Anlagen. Die Werke verteilen das Erneuerungs-Soll im Verhältnis der jährlichen Abschreibungswerte auf die Kostenstellen. Es kann jedoch auch das sachliche Bedürfnis erfordern, in einem Jahr bei einer Kostenstelle mehr, bei einer anderen weniger zu erneuern und dementsprechend das Soll festzulegen. Mit diesen festgesetzten Sollbeträgen wird bei den einzelnen Kostenstellen während des ganzen Jahres gerechnet, ohne Rücksicht auf die tatsächlich aufgewendeten Beträge. Bleibt nun die tatsächliche Erneuerung hinter der planmäßigen zurück, so ist der Unterschied bei den Kosten des Schuldendienstes der betreffenden Kostenstelle einzusetzen. Übersteigt sie umgekehrt die planmäßige Erneuerung, so ist der Unterschied bei den Kosten des Schuldendienstes abzusetzen. Durch diesen Kunstgriff wird der Einfluß zufälliger großer Ausgaben in einem Monat auf den Werkkostenzuschlagsatz einer Kostenstelle abgemildert. Wird z. B. für die Kostenstelle „Räderdreherei" eine große Radsatzdrehbank als Ersatz für eine ältere aufgestellt und dafür im Monat April 20000 ℛℳ bezahlt, so müßte dieser ganze Betrag in diesem Monat auf die Werkkosten dieser Kostenstelle kommen und diese müßten deshalb stark von denen in anderen Monaten abweichen. In Anbetracht dieser Neubeschaffung hat aber die Kostenstelle „Räderdreherei" einen besonders hohen Anteil aus dem Erneuerungs-Soll des Werkes bekommen, mithin wird der Unterschied zwischen Soll und Ist kleiner und damit werden auch die wirklich verrechneten Kosten für die Erneuerung geringer.

Der Schuldendienst und die sonstigen Lasten bestehen in der Verzinsung der Anlageschuld, in der Verzinsung des umlaufenden Vermögens, in der gesetzlichen Ausgleichsrücklage von 2%, die aber nur aus den Einnahmen von Dritten zu berechnen ist.

Die Werkkosten werden mit den Lohn- und Stoffzetteln für Hilfslöhne und Hilfsstoffe oder mit Kostenzetteln oder aus sonstigen Unterlagen erfaßt und monatlich für jede Kostenstelle in einem Werkkostenabrechnungsbogen gesammelt (s. Taf. 14). Dabei werden die Lohnausgaben durch Vervielfachen der Lohnstunden mit dem Durchschnittslohnsatz sämtlicher Arbeiter des Werkes ermittelt. Schließlich ist der Unterschiedsbetrag zwischen der planmäßigen und der tatsächlichen Erneuerung festzustellen. Die so für jede Kostenstelle ermittelten Ausgaben werden in einer Übersicht über die Aufteilung der Werkkosten vereinigt. Hier werden die Ausgaben mit den Wirtschaftsbüchern abgestimmt und die dabei aufgetretenen Abrechnungsunterschiede dargestellt; sie werden als Werkkosten verrechnet, wenn sie unbedeutend sind. Ferner werden in der Übersicht die Zuschlagsätze für die bei jeder Kostenstelle angefallenen Fertigungslohnstunden errechnet. Schließlich werden die Ausgaben der Hilfskostenstellen auf die anderen an ihren Erzeugnissen beteiligten Kostenstellen, die Ausgaben der Fertigungs- und Allgemeinkostenstellen auf die Fertigungslohnausgaben und die Ausgaben der Lagerkostenstellen auf die Fertigungsstoffausgaben verteilt. Die Werte der an andere Lager überwiesenen Stoffe werden mit keinem Lagerkostenzuschlag belegt, um eine Aufblähung der Stoffkosten bei mehrmaliger Überweisung desselben Stoffes von Lager zu Lager zu vermeiden.

4. Ermittlung der Kosten der Werkleistungen und Vorbereitung zur Abrechnung. (Siehe Taf. 14.)

Wir haben bisher gesehen, wie die Lohn-, Stoff-, Sonder- und Werkkosten entstanden sind und für die Abrechnung erfaßt wurden. Wir wollen nun weiter verfolgen, wie die Kosten ermittelt und abgerechnet werden. In diese Arbeiten teilen sich zwei Stellen, nämlich: die Betriebsbuchhaltung und die Werkbuchhaltung. Erstere zerfällt wieder in die Werkkostenermittlungsstelle, welche die Werkkosten sammelt, verteilt und verrechnet und die Fertigungsarbeiten für die Unterhaltung und Erneuerung der Werkanlagen abrechnet, sowie in die Selbstkostenermittlungsstelle, die die Herstellungskosten aller übrigen Fertigungsarbeiten ermittelt.

Nachdem die Werkkostenermittlungsstelle bei der Betriebsbuchhaltung die Ausgaben der Hilfskostenstellen, der Fertigungs- und Allgemeinkostenstellen sowie der Lagerkostenstellen in der oben erwähnten Weise verteilt hat, werden die Zuschlagsätze aller fertigenden Kostenstellen in einer Übersicht „der Werk- und Lagerkostenzuschlagsätze für die Selbstkostenermittlungsstelle zusammengestellt, die dort als Grundlage für die Berechnung der Werkkostenzuschläge bei den Herstellungskosten dienen. Wenn diese monatlichen Übersichten bildlich dargestellt werden, kann die Entwicklung der Zuschlagsätze jeder einzelnen Kostenstelle verfolgt werden. Sie lassen innerhalb des Werkes bei entsprechender Kenntnis der Verhältnisse Schlüsse auf die Wirtschaftlichkeit zu. Auch kann aus dem Durchschnitt mehrerer Monate ein mittlerer Werkkostenzuschlagsatz für die Berechnung von Voranschlägen usw. gewonnen werden. Aus dem schon erwähnten Werkkostenabrechnungsbogen übernimmt die Werkkostenermittlungsstelle die Lohn- und Stoffkosten für Hilfslöhne und Hilfsstoffe und für die Arbeiten zur Unterhaltung und Erneuerung der Werkanlagen in die Lohnbuchungsnachweise und in die Stoffbuchungsnachweise. Hierauf werden die Endzahlen der Buchungsnachweise in eine Aufwandsabrechnung übernommen, zu der auch die Selbstkostenermittlungsstelle die Endzahlen der Lohn- und Stoffbuchungsnachweise über die Fertigungs-

arbeiten, des Buchungsnachweises der Kosten der verrechneten Tauschstücke, die Werte der Sonderkosten und der verrechneten Werk- und Lagerkosten liefert. Die Aufwandsabrechnung enthält demnach die Lohn-, Stoff- und Sonderkosten, die Aufarbeitungskosten der verwendeten Tauschstücke, die verrechneten Werk- und Lagerkosten für das ganze Werk zusammengestellt. Aus ihr geht auch der Wert der zu wenig oder zu viel verrechneten Werkkosten hervor.

Bei der Selbstkostenermittlungsstelle werden die Lohn-, Stoff-, Tausch- und Kostenzettel der Fertigungsaufträge in die Auftragsabrechnungsbogen eingetragen. Von hier gehen die Werte der eben genannten Zettel in die Buchungsnachweise über und die Endzahlen aus diesen schließlich, wie eben erwähnt, in die Aufwandsabrechnung.

Die Selbstkostenermittlungsstelle errechnet die Herstellungskosten, indem sie die für den Auftrag bei den einzelnen Kostenstellen aufgekommenen Fertigungslöhne mit dem für jede Kostenstelle in der Werkkostenermittlung errechneten Zuschlagsatz vervielfacht. So erhält man die Werkkostenzuschläge zu den Lohnkosten, und in gleicher Weise den Lagerkostenzuschlag zu den Stoffkosten. In den Auftragsabrechnungsbogen werden alle für die Abrechnung des Auftrages wichtigen Angaben zusammengestellt.

5. Abrechnung der Kosten der Werkleistungen.
(Siehe Taf. 14.)

Nachdem in der geschilderten Weise die Kosten ermittelt und die Abrechnung vorbereitet ist, werden die Unterlagen von der Betriebsbuchhaltung an die Werkbuchhaltung gegeben, die sie zur Abrechnung mit den Auftraggebern und zu den notwendigen Buchungen weiter verwertet. Die Werkbuchhaltung verrechnet auch die sonstigen Leistungen, stellt den Wirtschaftsabschluß, die Anlagezuwachsrechnung, die Anlage- und Erneuerungsrechnung sowie die Bilanz auf.

Aus den Auftragsabrechnungsbogen werden die Kosten der Fahrzeugausbesserung in Zusammenstellungen zur Belastung der einzelnen Reichsbahndirektionen übernommen und bei der Abrechnung mit Dritten die Rechnungen erstellt. Die sonstigen Leistungen wie Personalgestellung, Abgabe von Werkzeugen und Geräten aus Vorratsbeständen usw. werden nach besonderen Bestimmungen abgerechnet. Werden Anlagewerte an eine andere Reichsbahnstelle abgegeben, so ist die Besitzveränderung dadurch auszugleichen, daß die empfangende Stelle die Werte der Anlage und die Lasten daraus (anteiliges Erneuerungs-Soll und Schuldendienst) in ihre Rechnung übernimmt, das abgebende Werk die gleichen Beträge bei sich absetzt.

6. Wirtschaftsführung und Wirtschaftsabschluß.
(Siehe Taf. 14.)

Für jeden Monat und jedes Geschäftsjahr stellt die Werkbuchhaltung an Hand der Wirtschaftsbücher einen Wirtschaftsabschluß über die Werkrechnung auf. Dieser gliedert sich in die Betriebseinnahmen und Ausgaben. Jene entstehen aus Leistungen für andere Reichsbahnstellen, Vergütung von Werkkosten, Leistungen für Dritte sowie anderen, mit der Fertigung nicht zusammenhängenden Leistungen. Die Ausgaben zerfallen in solche für die Betriebsführung und Unterhaltung, für die Erneuerung, für den Schuldendienst und sonstige Lasten und für die Fertigung. Außer den Abschlußzahlen bei den einzelnen Verrechnungsstellen der Wirtschaftsbücher werden in den Wirtschaftsabschluß noch die Rückstellungen, die Werte der Abrechnungsunterschiede und der unabgerechneten Werkleistungen bei Arbeiten für Dritte sowie der Wert der zuviel oder zu wenig verrechneten Werkkosten aus der Aufwandsabrechnung übernommen. Aus der Gegenüberstellung der Gesamtsumme der Ausgaben mit den Betriebseinnahmen ergibt sich der Überschuß oder Fehlbetrag. Dadurch erübrigt sich die Aufstellung einer Gewinn- und Verlustrechnung. Der Wirtschaftsabschluß soll die wirtschaftlichen Ergebnisse des Werkes im einzelnen Monat und im abgelaufenen Geschäftszeitraum darstellen, weshalb neben den Werten für den vergangenen Monat auch noch die Zahlen für die Vormonate seit Jahresbeginn aufgeführt werden. Der Überschuß oder Fehlbetrag aus dem Wirtschaftsabschluß geht in die Bilanz über.

7. Schlußbilanz. (Siehe Taf. 14).

Der Wirtschaftsabschluß ist das Ergebnis der Erfolgsrechnung. Daneben müssen die Vermögenswerte noch in einer eigenen Rechnung erscheinen. Hierzu dient die Anlagezuwachsrechnung, in die der bei den Ausgaben der Betriebs- und Vermögensrechnung auf den Anlagezuwachs entfallende Anteil übernommen wird. Alle Veränderungen an den Anlagen des Werkes werden in eine Anlagerechnung eingetragen. Ihre Werte bilden die Unterlage für die Bilanz des abgelaufenen und für die Berechnung der Verzinsung und für die Höhe des Erneuerungs-Solls des kommenden Monats. Am Jahresschluß werden auch für die Anlagen, die als Anlagezuwachs im laufenden Jahre zugingen, die Abschreibungswerte ermittelt. Wie die Veränderungen der Werte des festliegenden, müssen auch die des umlaufenden Vermögens verfolgt werden. Für die Betriebsvorräte geschieht dies in den Vorratskonten. Über die Forderungen und Schulden werden Hilfsbücher geführt, ebenso über die Beteiligungen. Die Betriebsrücklage bleibt aus den eingangs erwähnten Gründen unverändert. Die Bestände der Kasse gehören nicht dem Werk, daher werden deren Veränderungen nicht besonders dargestellt. Am Stichtag der Bilanz stellt die Werkkasse einen Kassenabschluß für die Werkbuchhaltung auf. In der Erneuerungsrechnung werden für jede Kostenstelle und für das ganze Werk die Beträge der planmäßigen und der tatsächlichen Erneuerung einander gegenübergestellt, der Unterschiedsbetrag wird ermittelt. Hierbei werden die Mehr- und Minderbeträge gegen einander aufgerechnet, so daß nur ein Posten als Unterschied erscheint, der in die Bilanz übergeht. Diese wird an jedem Monatsschluß aufgestellt. Ihre Werte entsprechen dem Stande zu diesem Zeitpunkt vom Beginn des Geschäftsjahres ab. Hierbei erscheint der Unterschiedsbetrag zwischen planmäßiger und tatsächlicher Erneuerung auf der Vermögensseite, wenn die planmäßige Erneuerung kleiner als die tatsächliche geblieben ist. Umgekehrt wird der Unterschiedsbetrag bei den Verbindlichkeiten nachgewiesen, wenn das „Soll" größer als das „Ist" an Erneuerung geblieben ist. In der Bilanz wird der Überschuß aus dem Wirtschaftsabschluß auf der Seite der Verbindlichkeiten dargestellt, umgekehrt wird ein Fehlbetrag auf die Vermögensseite gesetzt. Die Rückstellungen für die Verzinsung der Anlageschuld, des umlaufenden Vermögens und für die gesetzliche Ausgleichrücklage errechnet die Werkbuchhaltung bereits für den Wirtschaftsabschluß, aus dem sie ebenfalls in die Bilanz übernommen werden. Alle anderen Werte der Monats- oder Jahresschlußbilanz waren schon in der Eröffnungsbilanz, wenn auch mit anderen Beträgen, erschienen. Ihre inzwischen eingetretenen Veränderungen wurden in den vorstehend erwähnten Unterlagen festgehalten. Der letzte Stand geht dann in die Schlußbilanz über. Aus der Betrachtung einer einzigen Bilanz ist wenig zu ersehen. Um wirklich Schlüsse aus den Bilanzen ziehen zu können, muß man die Veränderungen, welche die einzelnen Posten von einer Bilanz zur anderen erfahren haben, mit Sachkenntnis nach den Ursachen und Auswirkungen beurteilen.

Bei den geschäftsführenden Reichsbahndirektionen für das Werkstättenwesen werden die Wirtschaftsabschlüsse der einzelnen Werke zu einem Wirtschaftsabschluß der Reichsbahndirektion zusammengestellt. Ebenso wird eine Gesamtbilanz für den Werkstättenbezirk erstellt. Damit ist das Schlußglied in die Vollabrechnung des Bezirkes gefügt.



Louis A. Gölsdorf und die Semmeringbahn.

Von Ing. **Friedrich Turber.**

Vorbemerkung. Am 17. Juli 1854 wurde die erste Bergbahn der Welt, die Bahn über den Semmering für den allgemeinen Personenverkehr eröffnet; vom 15. August gleichen Jahres an war es möglich, von Wien aus mit beschleunigten Personenzügen nach Süden zu reisen, nachdem bereits vom 15. Mai 1854 an der regelmäßige Frachtverkehr betrieben wurde.

Am 7. November 1853 war die erste Lokomotive nach Bauart Engerth in Payerbach eingetroffen, die „Kapellen" hieß und von Keßler-Eßlingen geliefert war.

Wenn heuer Österreich und mit ihm die gesamte Eisenbahnfachwelt den 75. Gedenktag feiert, daß im Jahre 1854 die ersten Lokomotiven Güter und Menschen über den von Ghega genial gelegten Schienenstrang durch den Semmeringgebirgsstock schleppten, ziemt es sich wohl auch eines Mannes zu gedenken, der still und bescheiden durchs Leben ging, in Fachkreisen jedoch als hervorragender Eisenbahntechniker bekannt war und der durch seinen regen Geist und dessen Schöpfungen — seine Lokomotiven — als Nachfolger Engerths durch Jahrzehnte half, den steilen, kühnen Linienzug der ersten Bergbahn der Welt zu überwinden.

Es ist dies Ing. Louis Adolf Gölsdorf, der Vater des berühmteren, in der ganzen Lokomotivbauwelt bekannten Karl Gölsdorf.

Als langjähriger Maschinendirektor der ehemaligen österreichischen Südbahn stand der gesamte maschinentechnische Dienst unter seiner umsichtigen Leitung und seiner Führung ist die glatte Bewältigung der immer mehr steigenden Verkehrsanforderungen zu danken gewesen.

1837 im Sachsenlande als Sohn eines Spinnereidirektors geboren, kam Gölsdorf nach Vollendung dreijähriger technischer Studien in Dresden, nach kurzer Dienstzeit bei der Leipzig-Dresdener-Eisenbahn-Compagnie und einem Lehrjahr bei Haswell in Wien im Alter von 24 Jahren unter dem damaligen Maschienendirektor Desgrange zur Südbahn. Was damals — im Jahre 1861 — Gölsdorf bewog, nach Österreich zu kommen, ist nicht zu ergründen. Vielleicht war es erstmals der Ruf Haswells, vielleicht der Gedanke in Österreich ausreichende Beschäftigung an neuen Problemen zu finden. Es war die Zeit der Projektierung und des Baues der großen österreichischen Eisenbahnen, die viele aus dem Reiche zu großen Arbeiten nach Österreich lockte. Ebenso ist nicht zu erkunden, was Gölsdorf zur Südbahn brachte.

Die Kriege des Jahres 1859 hatten auch in den Verwaltungen der Eisenbahnen Umwälzungen gebracht und nach den Verlusten in der Lombardei und Zentral-Italien hatte die „Südliche Staats-, Lombardisch-Venetianisch und Zentral-Italienische Eisenbahn" im November 1861 ihren Namen in k. k. priv. Südbahn-Gesellschaft geändert. Wahrscheinlich war es der Bedarf an geschulten technischen Kräften einerseits und die günstigen Aussichten anderseits, die Gölsdorf bewogen im Juli 1861 in die Dienste der neuen Bahnverwaltung zu treten.

Als Gölsdorf zur Südbahn kam, waren die Lokomotiven des Konkurrenzjahres 1851 schon längst beiseitegestellt worden und er traf dort für den Semmering die Lokomotiven der Bauart Engerth, die von Cockerill-Seraing und Keßler-Eßlingen in den Jahren 1854 bis 1857 als C2-Tendermaschinen geliefert waren.

Jahrelang besorgten die Engerth-Maschinen den gesamten Güter- und Personenzugverkehr über den Semmering. Auf $25^0/_{00}$ Steigung zogen sie 140 t. Steigender Bedarf an Zugkraft, der beschränkte Raum für Wasser und Kohle brachte die Südbahn dazu, die Lokomotiven in solche mit Schlepptendern umzubauen. Vom Jahre 1862 an begann unter den Direktoren Desgrange und Gottschalk der Umbau, wobei Gölsdorfs Konstruktionstalent sich ausreichend betätigen konnte. Die 26 Stück von Cockerill und Keßler in den Jahren 1853 und 1854 gelieferten Lokomotiven — mit ihnen war der Semmeringbetrieb eröffnet worden — wurden in D-Lokomotiven mit verschiebbarer Endachse, zunächst unter Belassung von Kessel und Triebwerk, später mit Kesseln von größerer Rostfläche (1,76 m²) in der Südbahnwerkstätte Wien umgebaut und mit Schlepptendern von 6,5 bis 7,7 m³ Wasserinhalt und 5,2 bis 6,8 m³ Brennstoffraum versehen. Sie zogen über den Berg 180 t (Reihe 33).

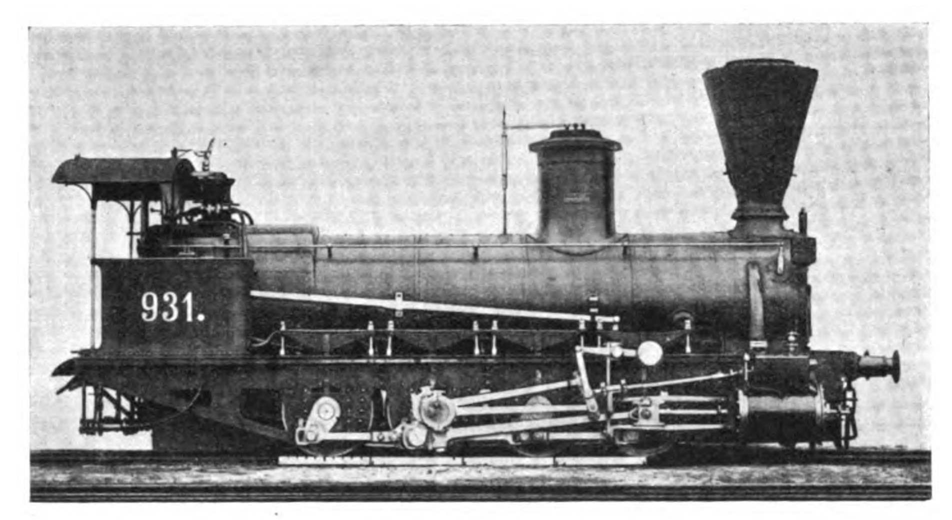


Abb. 1. D-Lokomotive, Reihe 34.

Die anderen für den Semmering-Personenzugdienst bestimmten, 1856 und 1857 von Cockerill gelieferten sechs Tenderlokomotiven erhielten leistungsfähigeren Kessel, das Verhältnis von Rost- zu Heizfläche wurde günstiger gestaltet, der Dampfdruck von 7½ auf 9at erhöht, die Dampfbremse von Le Chatelier wurde angebracht und zweiachsige Tender von 6,6 m³ Wasserinhalt und von 4,6 bis 5,2 m³ Brennstoffraum den Lokomotiven beigegeben (Reihe 26).

Mit dem damaligen Chef des Konstruktionbüros der Südbahn Stradal konstruierte in den Jahren 1866 bis 1867 Gölsdorf die D-Lokomotive Reihe 34. 10 Stück dieser Bauart wurden im Jahre 1867 von der Maschinenfabrik der Staats-Eisenbahn-Gesellschaft unter Haswell in Wien für die neue Brennerbahn geliefert, sie fanden aber auch bald auf dem Semmering Verwendung. Sie erhielten außen liegenden Hauptrahmen, Hallsche Kurbeln, Schraubenradumsteuerung, Giffardsche Injektoren und noch offenen Führerstand. Die Endachse• war um 15 mm verschiebbar. Die Kessel von 1450 mm Durchmesser hatten 8,5 bis 9 at Betriebsdruck. Die gegen die Reihe 33 etwas leichteren Lokomotiven konnten gleichfalls mit 180 t ausgelastet werden (auf 25%). (Abb. 1.)

Gölsdorfs ureigenste Tat für den Semmering war jedoch die Schaffung der D-Lokomotive Reihe 35, mit innen liegendem Rahmen, außen liegenden Zylindern und Steuerorganen, die zu damaliger Zeit als die richtige „Gebirgsmaschine" galt. Unter dem Maschinendirektor Gottschalk wurden im Jahre 1871 von der Lokomotivfabrik G. Sigel in Wiener Neustadt die ersten dieser Lokomotiven geliefert, die

Gölsdorf auf Grund seiner beinahe zehnjährigen Erfahrungen im Zugförderungsdienste auf der Semmeringbahn entworfen hatte. Auf der Wiener Weltausstellung im Jahre 1873 war die Lokomotive Nr. 1010 ausgestellt gewesen und erregte die Bewunderung der Fachwelt. Damals waren bereits 75 Stück solcher Maschinen im Betrieb. Gölsdorfs Schöpfung fand auch im Auslande volle Anerkennung, als nach glänzend verlaufenen Probefahrten im Jahre 1872 auf der neuen Mont Cenisbahn die damalige „Alta Italia“ 60 Stück solcher Lokomotiven in Wiener Neustadt bestellte, von denen viele heute noch in Verwendung stehen. Sie unterschieden sich gegen den ersten Entwurf nur durch größere Räder und Zylinder, da sie auch für schnellerfahrende Züge bestimmt waren. Die Zylinder hatten den für die damalige Zeit großen Durchmesser von 500 mm, Kessel von 1430, 1450 und 1500 mm Durchmesser, die nach verschiedenen Lieferungen hoch lagen. Die Rostfläche mit 12,16 m² war damals als groß zu bezeichnen. Die höhere Kessellage erleichterte die Wartung und Übersicht von Federn, Lagern und Achsen. Sie hatten Gegendampfbremse nach Le Chatelier und Schmierbüchsen für Zylinder und Schieber nach Anschütz. Die Feuerbüchse war bereits mit Deckenankern versteift, der Kessel für 9 at Überdruck ausgeführt. Der kurze Radstand von 3560 mm und die um 20 mm verschiebbare Hinterachse erleichterten das Durchfahren von Krümmungen. Die Maschinen zogen 290 t auf Steigungen von 25‰ bei 15 km/Std. Geschwindigkeit. Es waren die ersten Maschinen, die mit geschlossenem Führerstand-Schutzhaus geliefert wurden. Die dreiachsigen Tender hatten gleichen Raddurchmesser wie die Lokomotiven, 3 m Radstand, 8,4 m³ Wasser- und 7,2 m³ Kohlenraum. Ein zeitgenössischer Bericht wünscht der Verwaltung Glück, daß sie für Strecken mit langen und starken Steigungen solche Maschinen beschafft habe (Abb. 2).

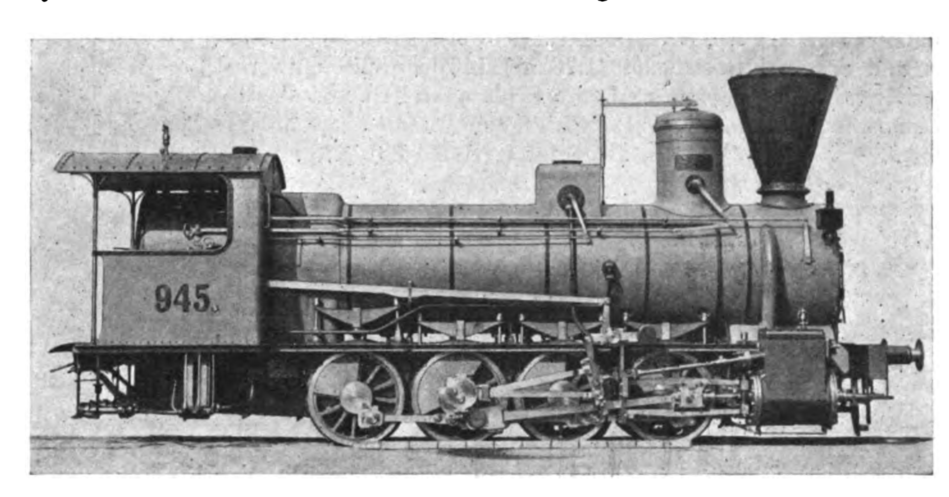


Abb. 2. D-Lokomotive, Reihe 35.

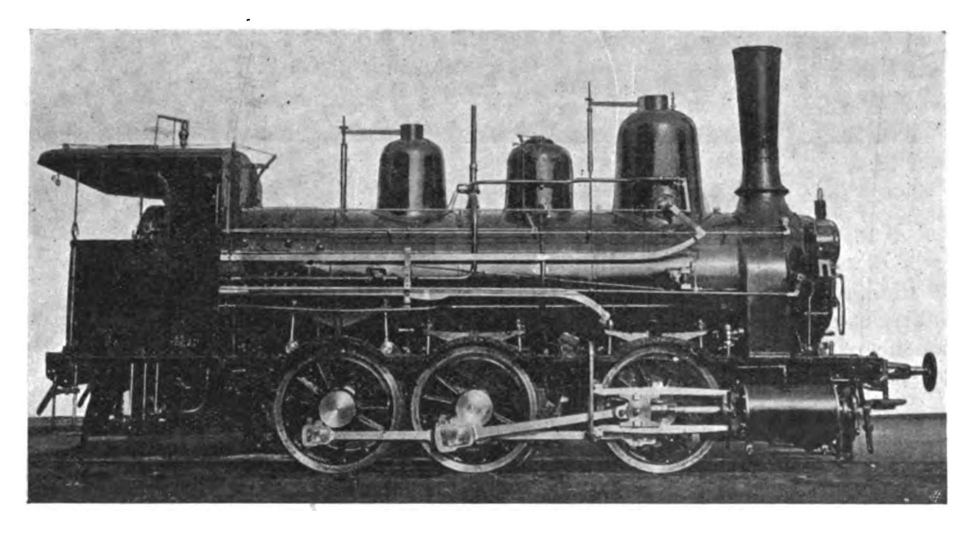


Abb. 3. C-Lokomotive, Reihe 32.

In den Jahren 1883 bis 1886 wurden diese Lokomotiven mit größeren Rädern und Kesseln von 10,5 bis 11 at nachgebaut und auch im Personenzugdienst am Semmering verwendet. Bei diesen Lokomotiven wurde der zulässige Achsdruck von 13 t bei einem Gewichte von 54 t vollends ausgenützt. (Reihe 35d.)

Immer war Gölsdorf bestrebt, seine Lokomotiven in den kleinsten Einzelheiten zu verbessern. Im Jahre 1879 machte er in der Südbahnwerkstätte Wien unter Direktor Wagner mit Adam Freiherrn von Burg eingehende Versuche über die Wirksamkeit der Sicherheitsventile an Dampfkesseln, deren Erkenntnisse Burg veranlaßten eine Änderung der damaligen Ministerialverordnung über diese Ventile in Österreich zu erwirken.

Nach dem Abgange des Direktors Göbel wurde Gölsdorf selbst 1885, im Alter von 48 Jahren, zum Maschinendirektor der Südbahn ernannt. Sein Bestreben war nun, eine leistungsfähigere Personenzugmaschine für den Semmeringdienst zu bauen. Dies gelang durch die in schönen Formen erstellte Lokomotive Reihe 32 mit drei gekuppelten Achsen (Bauart C), die bis zum Jahre 1898 die Personenzüge über den Berg führte. Die Urform waren die 10 Stück der Reihe 32b, die im Jahre 1878 für den Brenner-Dienst gebaut wurden und auf der Weltausstellung in Paris 1878 einer der stärksten Dreikuppler waren. Zylinder und Triebwerk wurden nach außen gelegt, die Steuerung nach innen. Vom Jahre 1884 an baute Gölsdorf diese Art mit verstärktem Kessel und verstärktem Triebwerk für den Semmering. Die Heizfläche wurde von 130 m² auf 137 m² vergrößert, der Dampfdruck stieg von 10 auf 11 und 12 at. Sechs Stück bekamen große amerikanische Rauchkasten. Sie hatten bereits die Hardysche Luftsaugebremse. Die Maschinen (Abb. 3) zogen 150 bis 160 t allein über die Rampe von 25‰.

Die letzte Type, die Gölsdorf Vater im Jahre 1896 selbst entwarf, war die Reihe 32f für die Südbahn, eine Lokomotive der Bauart 2 C, mit vorderem Drehgestell, die aber für den Tiroler Dienst bestimmt war. Vom Jahre 1897 an verwendete Gölsdorf für den Semmering von der Reihe 170 (Bauart 1 D), die Bauweisen seines Sohnes Karl, die er den Südbahnverhältnissen anpaßte.

Auch dem Wagenbau wendete Gölsdorf alle Fürsorge zu. Als er zur Südbahn kam, liefen noch über den Semmering die Wagen, die von der Südlichen Staatsbahn stammten: vierachsige Wagen mit Mitteldurchgang, 6,16 bis 8,5 m Drehzapfenentfernung, mit teilweise schiefgeschnittenen Adamslagern, teilweise parallel verschiebbaren Achsen oder Drehgestellen mit Spiralfedern, deren einige noch um die Wende des Jahrhunderts als Lokalzugwagen bis Mödling liefen und wegen ihres großen Überhanges mit durchgebogenen Langträgern ein unrühmliches Ende fanden. In den sechziger Jahren arbeitete Gölsdorf an den Abteilwagen mit seitlichem Ein-

stieg und 3,3 bis 3,8 m Radstand. In den siebziger Jahren erscheinen erstmals auf dem Semmering die Wagen mit Mitteldurchgang mit 4 m Radstand, der in den achtziger und neunziger Jahren auf 4,5 und 4,8 m vergrößert wurde. In den achtziger Jahren wurden die ersten Wagen mit Stirn- und Seitengang (Heusingertype) gebaut, die Gölsdorf in den späteren Jahren mit immer größerem Radstand von 5,7 bis 7,2 m ausstattete. Immer war das Streben Gölsdorfs, dem Reisenden ruhige bequeme Fahrt zu ermöglichen. Er ließ es sich nicht verdrießen, bei diesen erwähnten Bauarten den Radstand von 5,7 auf 6,4 m zu vergrößern und erreichte ruhigeren Gang. In die letzten 15 Jahre seiner Wirksamkeit fiel der Bau der großen vierachsigen Wagen für den internationalen Durchgangsverkehr über den Semmering, beginnend mit 12,5 m Drehzapfenentfernung bis 13,5 m.

Für den Wien-Semmeringer Lokalverkehr baute Gölsdorf vom Jahre 1897 an Wagen nach Wiener Stadtbahntype; eine Garnitur nach dem Muster der Wiener Stadtbahn mit 6 m Radstand bald verlassend, vergrößerte er diesen auf 7,5 und 7,6 m und schuf eine Type in schönen Formen, die von anderen Verwaltungen in nicht immer gleich glücklicher Art nachgebaut wurde.

Vom 10 t-Güterwagen an mit hölzernem Untergestell bis zum eisernen Untergestell des 15, 20 und 30 t-Güterwagens wurde unter Gölsdorf auch viel Neues für den Güterverkehr über den Semmering geschaffen. Der 15 t offene Güterwagen mit 10 m Länge und 6,2 m Radstand wurde von vielen Verwaltungen übernommen.

An dem Zustandekommen der Normalien vom Jahre 1899 für die österreichischen Güterwagen nahm Gölsdorf regen Anteil im seinerzeitigen österreichischen „Wagentypenkomitee".

Aber nicht allein auf konstruktivem Gebiete — seinem Lieblingsfach, — auch in die Geheimnisse des für eine Gebirgsbahn so wichtigen Zugförderungsdienstes war er eingedrungen und stellte seinen Mann. Unter dem Drucke beschränkter Geldverhältnisse der Südbahnverwaltung war es kein leichtes den stets steigenden Ansprüchen der Zugförderung zu genügen.

Gölsdorf war der geborene Konstrukteur, der immer bis in die kleinste Einzelheit Zweckmäßigkeit und Schönheit der Form zu vereinen verstand. Er war wie jeder tüchtige Konstrukteur bis auf den Millimeter genau. Vom Radreifen bis zur Dampfpfeife und zum Wagendach — allem schenkte er seine Aufmerksamkeit. Wir jüngeren, seine Schüler wurden oft zu leisem Unwillen erregt, wenn er eine Konstruktion in vielen Varianten uns entwerfen ließ; wenn aber der zur Ausführung bestimmte Entwurf vorlag, dann mußten alle anerkennen, daß dies die schönste und beste Lösung sei.

An den Arbeiten des Technischen Ausschusses des Vereines Deutscher Eisenbahnverwaltungen nahm er stets das regste Interesse und war ein fleißig schöpferischer Mitarbeiter. Seiner Anregung ist eine der umfangreichsten Arbeiten des Vereines: Die Verstärkung der Schraubenkupplung und der Zugvorrichtung vom Jahre 1914 zu verdanken.

Als Mensch war er bescheiden und zurückgezogen und man konnte nur als tüchtiger Mitarbeiter sein Vertrauen gewinnen, aber dann öffnete er den Auserwählten den unerschöpflichen Born seiner Erfahrungen und gesammelten Erkenntnisse.

Im Jahre 1908 verließ er den Bahndienst; immer noch arbeitend wurde er zum Verwaltungsrat der Wiener Neustädter Lokomotivfabrik ernannt und wirkte auch hier ersprießlich und anregend.

Als Gölsdorf im Jahre 1911 einem Schlaganfalle erlag, war nicht nur ein hervorragender Techniker, sondern auch ein guter, aufrechter Mann von uns gegangen. Sein Talent vererbte sich glänzend auf seinen älteren Sohn Karl, der die österreichische Lokomotivbaukunst zu Weltruhm brachte.

Mit der Entwicklung der Zugförderung auf der ersten Gebirgsbahn Europas wird der Name Gölsdorf des Älteren immer verbunden bleiben.

Die elektrische Ausrüstung der Lokalbahn Peggau-Übelbach.

Von Oberbaurat Ingenieur **Wilhelm Fritsch**, Graz.

Hierzu Tafel 15.

Die Lokalbahn Peggau-Übelbach in Steiermark, welche das wald- und industriereiche Übelbachertal, ein Seitental der Mur, für den Fremdenverkehr erschließt, ist die einzige Bahnlinie in Österreich, die mit hochgespanntem Gleichstrom von 2200 Volt betrieben wird.

Sie mündet in der Station Peggau in die Hauptlinie der Bundesbahn Wien-Graz ein. Da die Bauzeit in die Kriegszeit fiel, mußte für die gesamte Streckenausrüstung Eisen verwendet werden; dadurch erklärt sich die Verwendung dieser ungewöhnlich hohen Spannung. Die Energie wird vom Elektrizitätswerk Deutsch-Feistritz geliefert, wo Drehstrom von 5000 Volt und 50 Perioden auf 2200 Volt Gleichstrom umgeformt und mit eigener Speiseleitung zum Speispunkt bei 1,7 km der Bahnlinie zugeführt wird.

Unter den Witterungseinflüssen litten die Eisenteile stark durch Rost, so daß sich ein immer größer werdender Spannungsabfall (über 40%) bemerkbar machte. Dieser wirkte sich im Betrieb, insbesondere beim Triebwagen bei den über Abspanner betriebenen Hilfseinrichtungen wie Vakumbremse, Beleuchtung usw. ungünstig aus. Die Verhältnisse drängten dazu, die Eisenteile durch Kupfer zu ersetzen. Außerdem erwies sich die Beschaffung, die Lieferung eines zweiten Triebwagens und einer Gleichrichteranlage für 240 kW Leistung zur Reserve als dringendes Bedürfnis.

Die Erneuerung der Speiseleitung wurde von der Elektrobaugesellschaft in Graz ausgeführt, während der Umbau der elektrischen Ausrüstung des älteren Triebwagens, die Lieferung eines neuen und die Lieferung der Gleichrichteranlage sowie die Auswechslung der Eisenfahrleitung gegen eine solche aus Kupfer den „Österr. Brown-Boveri Werken Wien" übertragen wurde.

Streckenausrüstung.

Für die kupferne Speiseleitung wurde ein Querschnitt von 73 mm², für die Fahrdrahtleitung ein Profilrillendraht

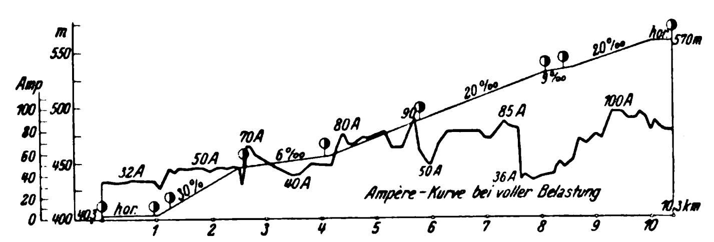


Abb. 1. Längenprofil und Diagramm der Stromstärken.

mit 60 mm² gewählt. Die alte V-Aufhängung am Tragdraht der Kette ist, wie bei den österreichischen Bundesbahnen, durch senkrechte Hänger mit Bronzeklemmen ersetzt.

Die gesamten Streckentrenner wurden durch solche neuerer Bauart ersetzt. Die Schienenverbinder wurden als Fußverbinder aus Kupferbügeln mit eingeschweißten Schienenstöpseln in die Schienenfüße eingenietet. Durch diese Um-

gestaltungen konnte erreicht werden, daß der Spannungsabfall, welcher zuletzt über 40% betrug, auf weniger als 20% fiel. Die damit im Zusammenhang stehende Energieersparnis ist mit 10% des bisherigen Verbrauches errechnet und im Betriebe auch erreicht worden. Die schlechten Holzmaste, die infolge des zumeist feuchten Bodens keine lange Haltbarkeit hatten, sind zum größten Teile durch eiserne Gittermaste ersetzt worden. Die Höhe des Fahrdrahtes über Schienenoberkante beträgt 5200—6100 mm.

Der Triebwagen.

Der neue Triebwagen (Textabb. 2) wurde von der Grazer Waggonfabrik im mechanischen Teile, von den österreichischen Brown-Boveri Werken im elektrischen Teile ausgeführt.

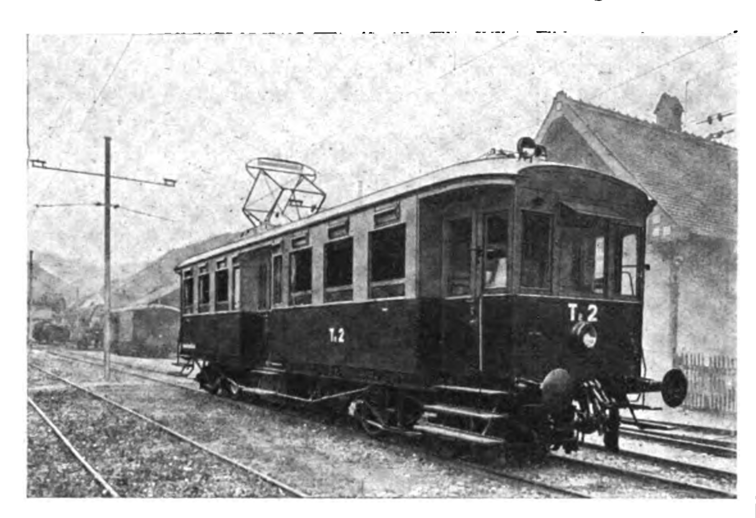


Abb. 2. Triebwagen.

Die Größenverhältnisse sind:

Länge über Puffer	15,380 mm
Drehzapfenentfernung	9,000 „
Radstand im Drehgestelle	2,000 „
Spurweite	1,435 „
Laufkreisdurchmesser	900 „
Größte Kastenbreite	3,100 „
Gewicht	31,500 kg

Elektrische Ausrüstung.

Auf jeder Plattform ist ein Blindkontroller (Textabb. 4, 1) zur Betätigung des im Untergestell angeordneten Zentralkontrollers und des Wendeschalters 2, die Handbremskurbel 3, der Handgriff für die Sandstreuvorrichtung 4, welche auf die vorderen Räder eines jeden Drehgestelles wirkt, vorgesehen, ferner der Bremsschieberhandgriff 5 samt dem Vakuumkontroller, der Fußtritt für die Alarmglocke 6, das Vakuummeter 7, eine Kontrollampe 8, welche das Ausbleiben der Spannung anzeigt, ein Amperemeter 9, die Fahr- und Bremsschaltstufenanzeiger 10, der Druckknopf 11 für die Signalgebung mittels Boschhorn, der Stromausschalteknopf 12 und schließlich der Geschwindigkeitsmesser 13 angeordnet.

Der Wagen hat drei Bremsen: eine achtklötzige Spindelbremse als Handbremse, eine elektrische Kurzschlußbremse und eine selbsttätige Luftsaugebremse Bauart Hardy. Der Antriebsmotor zur Luftsaugepumpe ist unmittelbar an die Fahrdrahtleitung angeschlossen, er wird mit Rücksicht auf die hohe Spannung mittels dreier Schützen gesteuert (s. Textabb. 3 a, b, c).

Der Strom wird über eine Drosselspule (s) zugeführt und geht über den selbsttätigen Ausschalter (A) (Textabb. 3) zum Zentralkontroller und zu den beiden Motorgruppen. Vor der Drosselspule ist eine verbesserte Blitzschutzvorrichtung mit Funkenableiter und Kohlenwiderstand (w) und Karborundumwiderstand (k) (geerdet durch Leitung e) angebracht. Die elektrische Heizung (Schalter H) sowie der Antrieb der Luftsaugepumpe ist ebenfalls an die Hochspannung angeschlossen.

Sämtliche Schalter und Sicherungen für die Hochspannung sind in der Hochspannungskammer untergebracht. Die Widerstände w 1, w 2, w 3 dienen für den an der Hochspannungskammeraußenwand angebrachten Spannungsmesser.

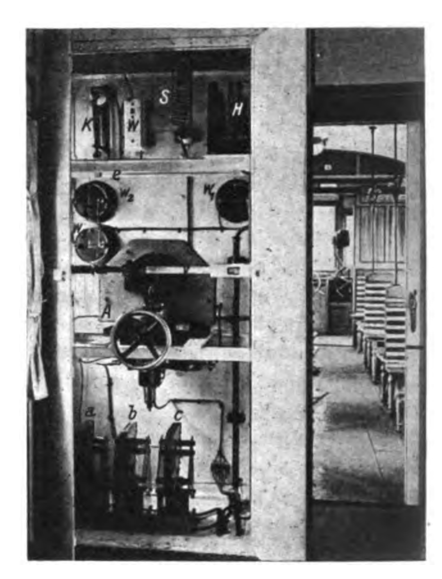


Abb. 3. Hochspannungskammer.

Die Motorgruppen werden vom Führerstand mittels Blindkontrollers, der wieder mit Zahnrad und Kettentrieb mit dem Zentralkontroller in Verbindung steht, geschaltet und zwar sind die Schaltstufen 0—6 für Reihen-, 7—10 für Parallelschaltung vorgesehen. Die Änderung der Geschwindigkeit wird durch Vorschalten von Widerständen erzielt. Diese Widerstände bestehen aus Widerstandspiralen aus Spezialgußeisen, die auf Porzellan isoliert sind, sie sind in einem eigenen Kasten unter dem Wagengestell untergebracht. Beim elektrischen Bremsen arbeiten die Motorgruppen als Stromerzeuger auf die Widerstände. Für das Bremsen sind am Blindkontroller sechs Bremsstufen vorgesehen.

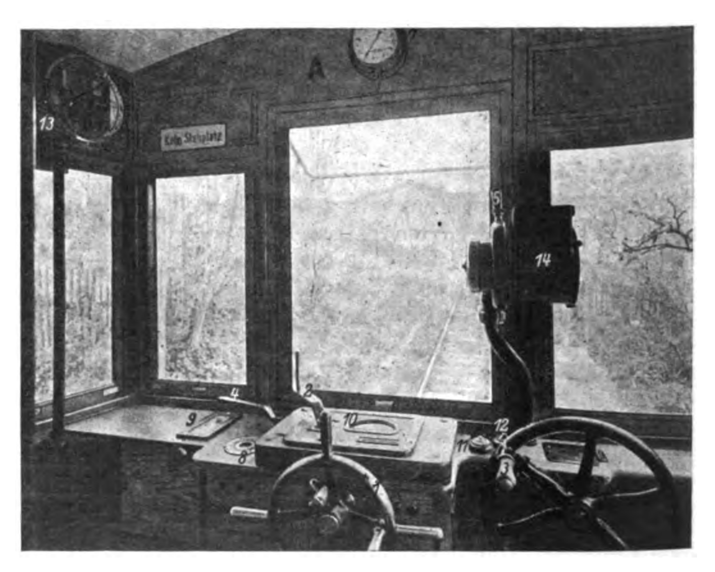


Abb. 4. Führerstand mit Blindkontroller.

Die Motoren sind vollkommen gekapselt und vom Wageninneren durch abhebbare Deckel zugänglich. Sie sind paarweise dauernd in Reihe geschaltet, so dass jeder Motor die Hälfte der Fahrdrahtspannung, also im Höchstfall 1100 Volt bekommt. Jeder Motor ist gegen Erde für die volle Betriebsspannung isoliert. Hierdurch wird verhindert, daß bei einem Kurzschluß eines der beiden Motoren die Isolation durchschlägt.

Die Motoren haben Reihenschlußwicklung mit Wendepolen und geben bei einer Klemmspannung von 1000 Volt eine Stundenleistung von 63 PS bei 53 Ampere und 540 Um-

drehungen. Ihr Drehmoment wird durch ein gekapseltes Zahnradgetriebe mit der Übersetzung 15 zu 74 auf die Drehgestellachsen übertragen. Die Anker haben wie bei fast allen neuzeitlichen Bahnmotoren Rollenlager.

Der Zentralkontroller hat eine Hauptwalze, die nach den Stellungen des Blindkontrollers im Führerstande die Abstufungen der Geschwindigkeiten regelt. Die Fahrtrichtungswalze dient zur Einstellung der Fahrt nach vorwärts oder rückwärts und ist mit dem Wendehebel 2 des Blindkontrollers im Führerhaus in Verbindung. Die Motorwalze am Zentralkontroller dient bei Schäden zum Abschalten von Motorgruppen.

Der Strom für die Beleuchtung wird von einer eigenen Lichtmaschine in Verbindung mit einer Akkumulatorenbatterie geliefert. Die Leitung ist als Niederspannungsleitung ausgeführt. Die Beleuchtungsanlage ist der Regelbauart für 24 Volt angepaßt. Die Heizung ist an die Fahrdrahtleitung angeschlossen und besteht aus Drahtwiderständen (Cekasdraht), die mit gelochten Schutzhauben versehen sind.

Der Wagen wurde mit einem Scherenstromabnehmer ausgerüstet, der zur größeren Schonung des Fahrdrahtes und zur Erzielung einer längeren Lebensdauer des Schleifstückes mit Fischerbügel versehen ist. Die Signale werden durch zwei am Dache des Wagens angebrachte Boschhörner gegeben.

Umformerstation
(in der elektrischen Zentrale Deutsch-Feistritz)

Neben dem bereits bestehenden rotierenden Umformer hat man, um die Wirtschaftlichkeit der Umformung zu erhöhen, einen Quecksilberdampfgleichrichter aufgestellt (siehe auch das Schaltbild auf Tafel 15). Die Leistung desselben beträgt 240 kW bei 2200 Volt Gleichstrom bei einer Primärspannung des Drehstroms von 5000 Volt und 50 Perioden (die Periodenzahl ist inzwischen auf diese Zahl erhöht worden).

Der Gleichrichter, Bauart BBC, ist sechsphasig an den Transformator angeschlossen. Um Überspannungen an den Anoden unschädlich zu machen, ist an der Sechsphasenseite des Transformators ein Überspannungsschutz in Form von Hörnern und Dämpfungswiderständen vorgesehen. Gleichstromseitig sind beide Umformer durch Trennschalter von einer gemeinsamen Sammelschiene abschaltbar. Als Gleichstromschalter und gleichzeitig als Speiseleitungsschalter im Pluspol dient ein leistungsfähiger Schnellschalter (Abschaltezeit 0,015 Sek.) mit Maximalauslösung, der die Spannung von 2200 Volt am Fahrdraht schaltet, während der Minuspol an die Schienenleitung, somit an die Erde angeschlossen ist.

Der Gleichrichter (Textabb. 5) selbst besteht aus zwei Vakuumzylindern: aus dem unteren weiteren Arbeitszylinder, in welchem sich der Gleichrichtvorgang abspielt, und dem engeren oberen Zylinder als Kühldom, in dem sich der aufsteigende Quecksilberdampf kondensiert. Am Zylinderboden befindet sich die Quecksilberkathode, während die obere Abschlußplatte die Haupt- und Hilfsanoden, die kreisförmig um den Kühldom angeordnet sind, trägt. Außerdem befinden sich an ihr noch eine Aufhängevorrichtung, der Anschlußstutzen der Vakuumleitung, sowie die isolierte Einführung der Zündanode. Die sechs Anoden bestehen aus zylindrischen polierten Eisenstücken. Die Anoden ragen in einen blechernen Sammeltrichter, durch dessen Öffnung der Lichtbogen über einen zweiten kleineren Trichter zur Kathode gelangt. Unterdem Kühldom befindet sich ein Gefäß zum Auffangen des kondensierten Quecksilbers. Es wird der Wand des Arbeitszylinders entlang zum Boden und zur Kathode geleitet. Die beiden Hilfsanoden in der Stahlplatte dienen zur Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft. Arbeits- und Kondensationszylinder sind mit einem Kühlmantel umgeben, durch welchen das Kühlwasser fließt. Da die Spannung von 2200 Volt zu hoch ist um Frischwasser zuführen zu können, ist ein Kreislauf des Kühlwassers mit Rückkühlaggregat vorgesehen, wobei die Abkühlung des erwärmten Wassers durch einen Lamellenkühler geschieht, durch den ein Flügelrad-Ventilator Kühlluft durchsaugt. Da das Rückkühlaggregat durch das Kühlwasser mit dem Gleichrichter leitend verbunden ist, führt es gegenüber Erde volle Gleichspannung, es steht daher ebenso wie die zugehörige Wasser-Umwälzpumpe auf Isolatoren.

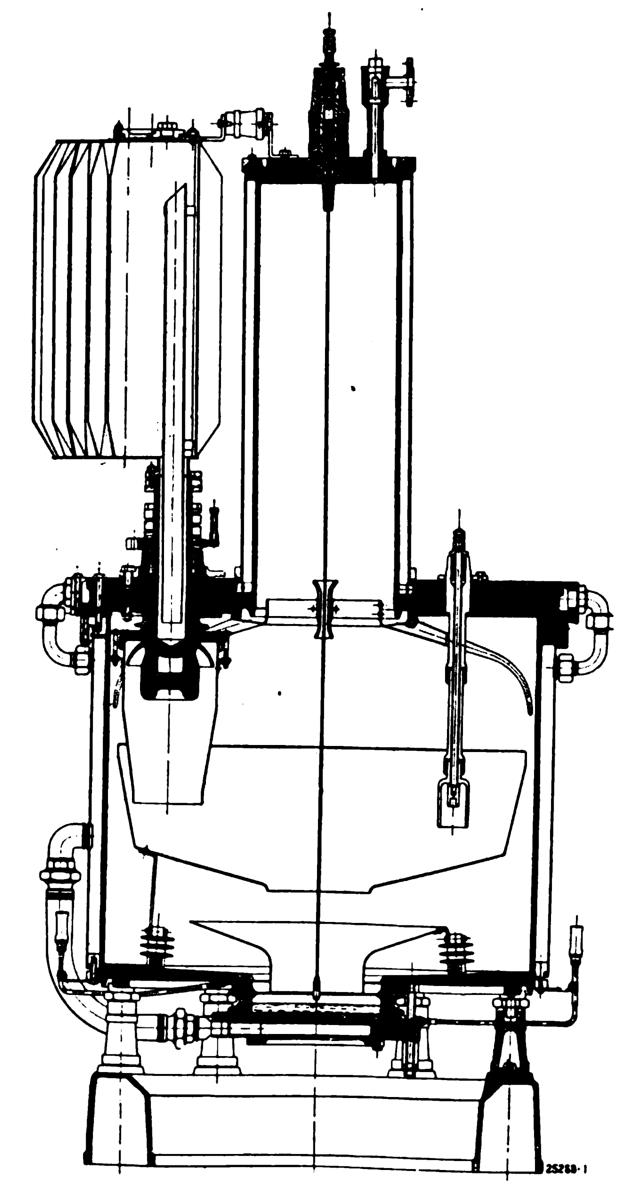


Abb. 5. Gleichrichter im Schnitt.

Die einzelnen Teile sind durch Quecksilberdichtungen abgedichtet, wodurch es gelingt, ein sehr hohes Vakuum (0,001—0,0001 mm Quecksilbersäule) zu erzielen und dauernd zu erhalten.

In Betrieb gesetzt wird der Gleichrichter dadurch, daß zunächst durch einen Elektromagneten eine Zündstange in das Quecksilber getaucht wird. Beim weiteren Schaltvorgang wird die Zündstange wieder zurückgezogen. Die Stromunterbrechung ruft einen Öffnungsfunken bei den Elektroden hervor, was genügt, um den Hauptlichtbogen zu zünden.

Bei den stark schwankenden Betriebsverhältnissen der Bahn (Verschubdienst, Stillstand, Anfahren, Umkehrzeiten) sinkt bei aussetzendem Betriebe die Belastung auf 0, dies

würde ein Erlöschen des Hauptlichtbogens zur Folge haben und bei Wiedereinsetzen des Strombedarfes ein Neuzünden erfordern. Um Kathode und Hauptlichtbogen stets betriebsbereit zu haben, sind daher Hilfsanoden vorgesehen, durch welche zwei kleinere Hilfslichtbogen dauernd im Betrieb erhalten werden.

Zum anstandslosen Arbeiten des Gleichrichters gehört ein hohes Vakuum, das durch eine Luftpumpenanlage erzeugt wird (Textabb. 6). Die Vor-Vakuumpumpe ist als vollkommen eingekapselte Ölpumpe mit selbsttätiger Druckölsteuerung ausgeführt. Auf dem Saugstutzen ist ein Ölfänger aufgebaut, der gleichzeitig als Kondensator dient, um den Einfluß etwaiger Öldämpfe auf Hoch-Vakuumpumpe und Gleichrichter auszuschalten. Die Vor-Vakuumpumpe ist mit einem 0,5 PS Motor (M_1) durch eine isolierende Kupplung verbunden und steht in Verbindung mit der Hoch-Vakuumpumpe (P), die das Vakuum von 0,02 mm Quecksilbersäule auf 0,001 mm erhöht. Die Hoch-Vakuumpumpe beruht auf dem Diffusionsprinzip. Durch einen elektrischen Widerstand wird ein Quecksilberbad

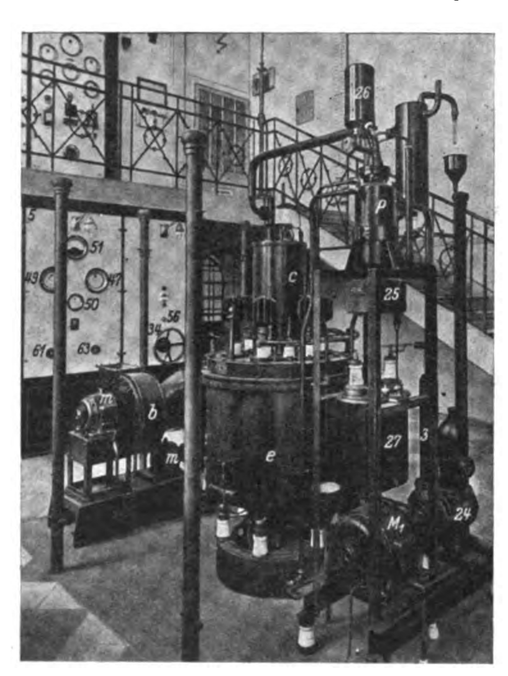


Abb. 6. Gleichrichter mit Luftpumpenanlage.

geheizt. Das siedende Quecksilber gibt einen Dampfstrom, der mit großer Geschwindigkeit in den Arbeitsraum aufsteigt. Dieser ist durch Kühlwasser gekühlt, so daß die vom Gleichrichter herströmende Luft auf nebelförmigen Quecksilberdampf trifft und sich mit diesem mischt. Im weiteren Verlauf wird der Quecksilberdampf in einem Rohr kondensiert und kehrt in Tropfenform wieder zum Heizraum zurück, während die Luftmoleküle infolge der ihnen vom aufsteigenden Dampf mitgeteilten kinetischen Energie in den Wirkungsbereich der Hoch-Vakuumpumpe gelangen. Diese selbst saugt wie alle Quecksilberdampfpumpen keinen Quecksilberdampf an, sondern nur Gase. Zum Ablesen des Vakuums ist an der Schalttafel ein ferrodynamisches Galvanometer in Verbindung mit einem Hitzdrahtvakuummeter vorgesehen.

Die Vorteile des Quecksilberdampf-Gleichrichters sind: Hoher Wirkungsgrad bei allen Belastungen, einfacher Betrieb und Wartung, da keine rotierenden Teile vorhanden sind, geringe Abnützung und kleine Instandhaltungskosten.

Infolge der großen Überlastungsfähigkeit ist er zur Aufnahme großer Stromstöße, wie sie im Bahnbetrieb vorkommen, besonders geeignet. Die inneren Verluste des Gleichrichters sind ebenfalls geringer als der beim rotierenden Umformer. Der Abfall im Lichtbogen ist von den Stromänderungen unabhängig und bei allen Belastungen konstant, daher der Verlust $V = \varepsilon . J$, wenn ε der Spannungsabfall, J die Stromstärke bedeutet, d. h. die Verluste ändern sich beim Gleichrichter linear den Belastungen im Gegensatz zum rotierenden Umformer, wo sie sich mit dem Quadrate des Stromes ändern.

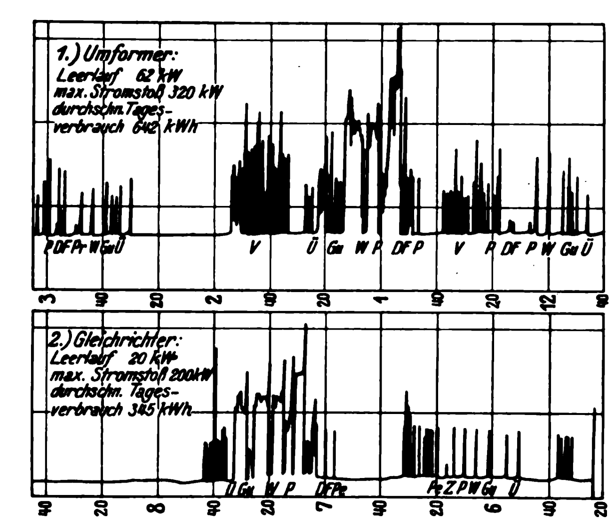


Abb. 7. Vergleichende Leistungsschaulinien zwischen Umformer und Gleichrichter.

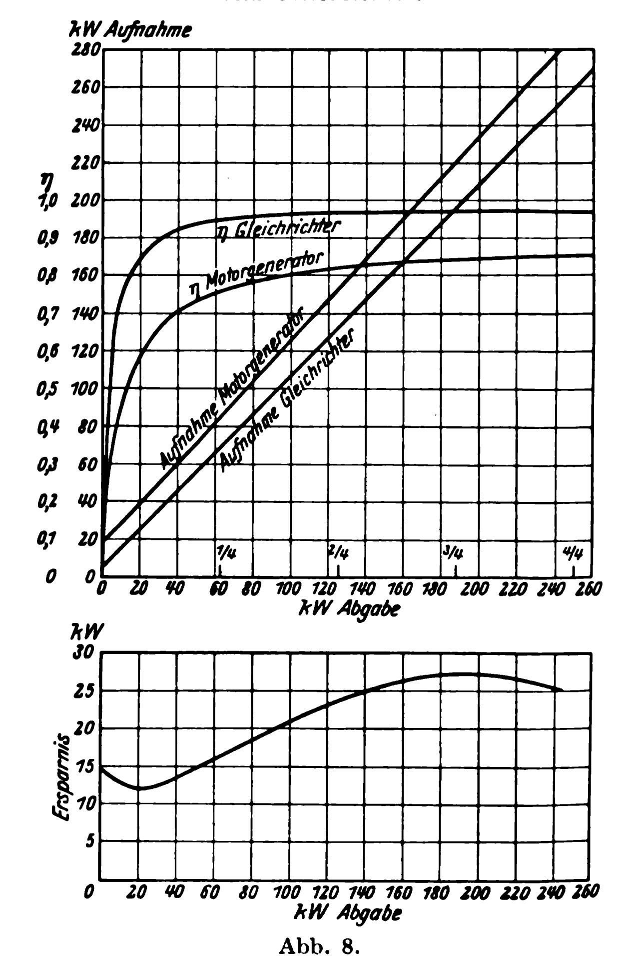


Abb. 8.

Der Wirkungsgrad ist daher

$$\eta = \frac{J . E}{JE + \varepsilon . J} = \frac{E}{E + \varepsilon},$$ worin E die abgegebene Spannung bedeutet.

Daraus ergeben sich zwei wichtige Eigenschaften für den Gleichrichter: 1. Der Wirkungsgrad ist von der Belastung

nahezu unabhängig, 2. Der Wirkungsgrad ist umso größer, je größer die Betriebsspannung ist.

Bei dem beschriebenen Bahn-Gleichrichter ist der konstante Spannungsabfall $\varepsilon = 24$ Volt. Bei 2200 Volt ergibt sich daher ein Wirkungsgrad des Gleichrichters

$$\eta = \frac{2200}{2200 + 24} = 98{,}9\,\%;$$

für den Gesamtwirkungsgrad ist noch der des Transformators und der Nebenapparate zu berücksichtigen, so daß man auf einen Vollast-Wirkungsgrad von 96% beim Gleichrichter, gegenüber 84% beim Motorgenerator zu rechnen hat, dessen Wirkungsgrad bei $^1/_8$ Last auf 65% sinkt (Abb. 23).

Eine gute Vergleichsgrundlage ergaben die Messungen beim Betrieb. Es wurden bei gleicher Belastung die beiden Leistungsdiagramme (Textabb. 7) abgenommen. Die Schaulinien oben zeigen die Stromstöße und die Leistungen bei der Fahrt zwischen Übelbach und Peggau-Deutsch-Feistritz und umgekehrt mit dem rotierenden Umformer, das untere Schaubild zeigt dieselbe Leistung bei gleicher Belastung mit Gleichrichter. Der durchschnittliche Tagesverbrauch beim Betrieb mit dem Umformer betrug 642 kWh, die Leerlaufarbeit 62 kW, die größten Stromstöße 320 kW. Beim Gleichrichter hingegen ist der durchschnittliche Tagesverbrauch 345 kWh, die Leerlaufarbeit 20 kW und die größten Stromstöße 200 kW.

Aus diesem Vergleich erkennt man, daß die aus der theoretischen Berechnung mittels Schaulinien (Textabb. 8) gefundenen Werte ziemlich gute Übereinstimmung mit den tatsächlichen Ergebnissen zeigen. Die monatlichen Verbrauchsziffern auf der Linie Peggau-Übelbach waren beim rotierenden Umformer im Vorjahre im Durchschnitte 20000 kWh, heute sind sie hingegen 9000 kWh trotz steigendem Verkehr. Man ersieht daraus, daß sich die Gleichrichteranlage bereits in drei bis vier Jahren bezahlt macht.

Die Entwicklung der Schaltung von Umschaltern in Fernmeldeanlagen.

Von Ingenieur **Paul Petz**, Maschinenoberkommissär der Österreichischen Bundesbahnen.

Die Aufstellung der Schaltung eines Umschalters wird meist durch Probieren gewonnen. Diese Art der Ausmittlung der Schaltung erfordert oft eine mühevolle und zeitraubende Arbeit, sie wird umgangen, wenn man sich des systematischen Verfahrens der Entwicklung des Schaltsymbole der Umschalter bedient.

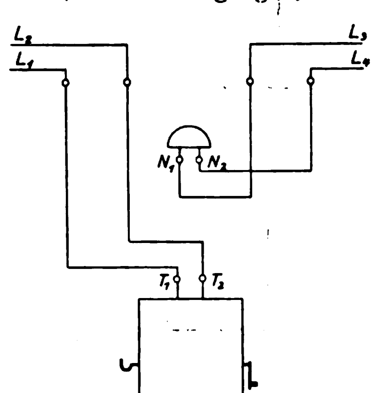


Abb. 1. Bedingung für die Linksstellung des zweistelligen Umschalters.

Das Schaltsymbol eines Umschalters ist die Zeichenschrift, die die Gattung des Umschalters angibt und aus der man ersieht, mit welchen Stellen die einzelnen Klemmen des Umschalters verbunden sind. Die Entwicklung des Schaltsymboles erfolgt durch Gegenüberstellung der Stromwege, die bei den einzelnen Betriebsstellungen des Umschalters durch die Betriebsbedingungen festgelegt sind. Diese Gegenüberstellung erfolgt in Bruchform. Die im Zähler und Nenner des Bruches vorkommenden gleichen Glieder können herausgehoben werden, sie sind dann die Anschlüsse zu den Achsenkontakten des Umschalters. Die herausgehobenen Glieder werden vor die verbleibenden Brüche gestellt und man erhält auf diese Weise das Schaltsymbol des Umschalters. Ein herausgehobenes Glied und der folgende Bruch stellen einen Schalter dar. Der Umschalter besteht daher aus mehreren gekuppelten Schaltern. Zweistellige Schalter sind durch einfache Brüche, dreistellige durch Doppelbrüche gekennzeichnet.

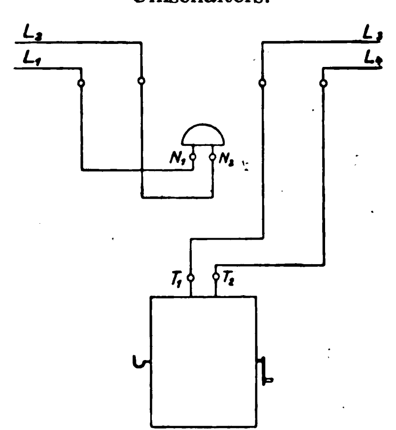


Abb. 2. Bedingung für die Rechtsstellung des zweistelligen Umschalters.

Die verschiedenartigen Anschreibungen der Bedingungen, sowie die Vertauschungen der Glieder innerhalb der Bedingungen während der Entwicklung des Schaltsymbols führen zu verschiedenen Lösungen. Die Vertauschungen dürfen nur so vorgenommen werden, daß sie die grundsätzliche Forderung nicht ändern.

Das vorstehend kurz angegebene Verfahren soll an zwei Beispielen näher erläutert werden.

Beispiel 1. Ein Telephon (T_1, T_2) soll durch einen Umschalter auf die Leitungen L_1, L_2 und L_3, L_4 geschaltet werden können. Ein Nebenwecker (N_1, N_2) soll jeweils auf dem abgeschalteten Leitungspaar angeschlossen sein.

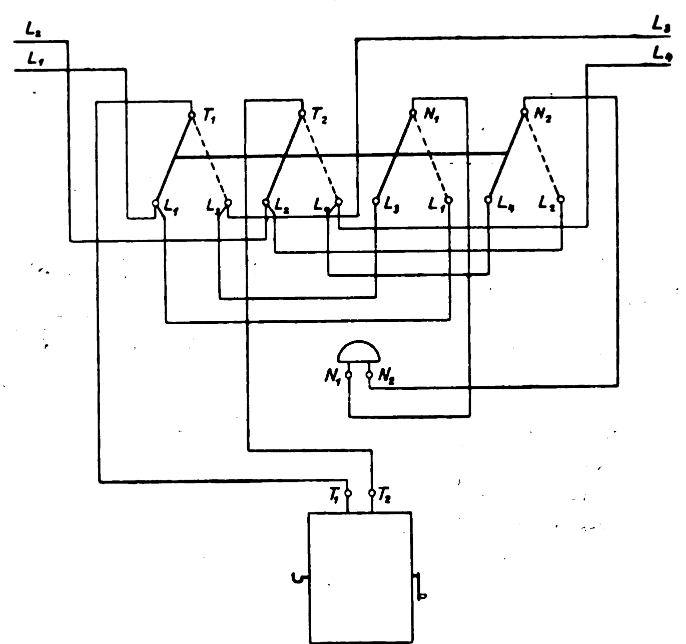


Abb. 3. Die entwickelte Schaltung eines gekuppelten vierpoligen, zweistelligen Umschalters.

Abb. 1 zeigt die Bedingung für die Linksstellung der Umschalters. Das Telephon (T_1, T_2) ist mit den Leitungen L_1 und L_2, der Nebenwecker (N_1, N_2) mit den Leitungen L_3 und L_4 verbunden.

Aus Abb. 2 ersieht man die Bedingung für die Rechtsstellung des Umschalters. Das Telephon (T_1, T_2) ist an die Leitungen L_3 und L_4, der Nebenwecker (N_1, N_2) an die Leitungen L_1 und L_2 angeschlossen.

Auf Grund der nun festgelegten Betriebsbedingungen ergibt sich das Schaltsymbol durch die Gegenüberstellung der Stromwege der beiden Betriebsstellungen.

$$\frac{\text{Linksstellung (Abb. 1)}}{\text{Rechtsstellung (Abb. 2)}} = \frac{L_1 T_1 T_2 L_2;\ L_3 N_1 N_2 L_4}{L_3 T_1 T_2 L_4;\ L_1 N_1 N_2 L_2}$$

Die gemeinsamen Glieder T_1, T_2, N_1 und N_2 werden herausgehoben. Man erhält

$$\frac{L_1}{L_3} T_1 T_2 \frac{L_2}{L_4} \frac{L_3}{L_1} N_1 N_2 \frac{L_4}{L_2}$$

Jedes herausgehobene Glied wird vor den nächstliegenden Bruch gestellt und man bekommt das Schaltsymbol des Umschalters.

$$T_1 \frac{L_1}{L_3} T_2 \frac{L_2}{L_4} N_1 \frac{L_3}{L_1} N_2 \frac{L_4}{L_2}$$

Aus dem gewonnenen Schaltsymbol ersieht man, daß der Umschalter aus vier gekuppelten, zweistelligen Schaltern besteht. Die Zählerglieder L_1, L_2, L_3 und L_4 stellen die Anschlüsse zu den Linkskontakten, die Nennerglieder L_3, L_4, L_1 und L_2 zu den Rechtskontakten des Umschalters dar. Die herausgehobenen Glieder T_1, T_2, N_1 und N_2 bezeichnen die Verbindungen zu den Achsenkontakten des Umschalters.

In Abb. 4 ist die Bedingung für die Linksstellung des dreistelligen Umschalters dargestellt. Das Telephon (T_1, T_2) ist mit den Leitungen L_1 und L_2, das Dosenfernhörwerk (D_1, D_2) mit den Leitungen L_3 und E verbunden.

Aus Abb. 5 ersieht man die Bedingung für die Mittelstellung des Schalters. Das Telephon (T_1, T_2) ist an die Leitungen L_1 und L_3, das Dosenfernhörwerk (D_1, D_2) an die Leitungen L_2 und E angeschlossen.

Abb. 6 zeigt die Bedingung für die Rechtsstellung des Umschalters. Das Telephon (T_1, T_2) ist mit den Leitungen L_3 und E, das Dosenfernhörwerk (D_1, D_2) mit den Leitungen L_1 und L_2 verbunden.

Es wird zuerst das Schaltsymbol für die Links- und Mittelstellung aufgestellt.

$$\frac{\text{Linksstellung (Abb. 4)}}{\text{Mittelstellung (Abb. 5)}} = \frac{L_2 T_1 T_2 L_1;\ E D_1 D_2 L_3}{L_1 T_1 T_2 L_3;\ L_2 D_1 D_2 E} =$$
$$= \frac{L_2}{L_1} T_1 T_2 \frac{L_1}{L_3} \frac{E}{L_2} D_1 D_2 \frac{L_3}{E} = T_1 \frac{L_2}{L_1} T_2 \frac{L_1}{L_3} D_1 \frac{E}{L_2} D_2 \frac{L_3}{E}$$

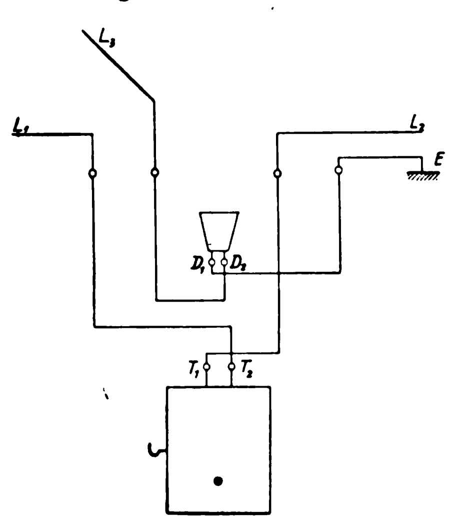


Abb. 4. Bedingung für die Linksstellung des dreistelligen Umschalters.

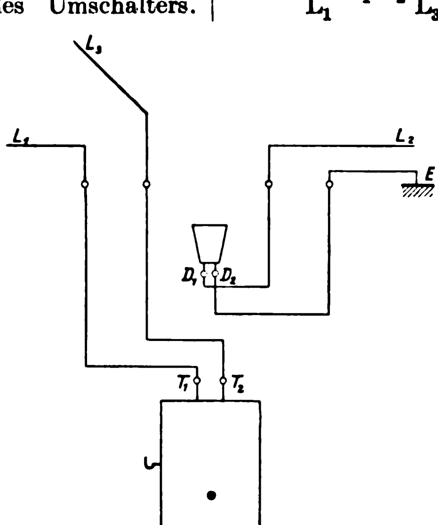


Abb. 5. Bedingung für die Mittelstellung des dreistelligen Umschalters.

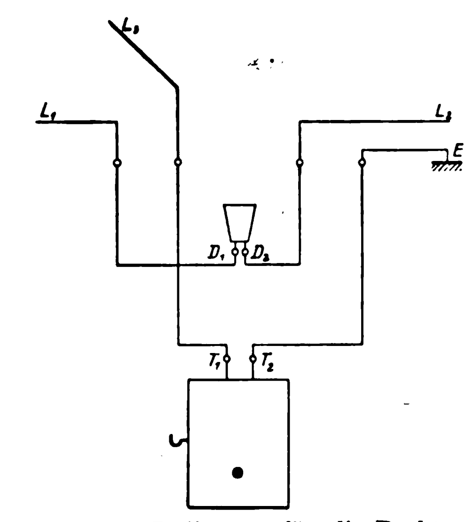


Abb. 6. Bedingung für die Rechtsstellung des dreistelligen Umschalters.

Es kann nun der Entwurf der Schaltung (Abb. 3) erfolgen. Man zeichnet den gekuppelten vierpoligen zweistelligen Umschalter, die Leitungen L_1, L_2, L_3 und L_4, das Telephon (T_1, T_2) und den Nebenwecker (N_1, N_2). Dann schreibt man am Umschalter nach dem gewonnenen Schaltsymbole die entsprechenden Bezeichnungen an. Die Verbindungen der gleichbezeichneten Klemmen ergeben die Schaltung.

Eine zweite einfache Lösung ergibt sich durch die folgende Gegenüberstellung:

$$\frac{\text{Linksstellung (Abb. 1)}}{\text{Rechtsstellung (Abb. 2)}} \frac{L_1 T_1 T_2 L_2;\ L_3 N_1 N_2 L_4}{L_1 N_1 N_2 L_2:\ L_3 T_1 T_2 L_4} =$$
$$= L_1 \frac{T_1 T_2}{N_1 N_2} L_2 L_3 \frac{N_1 N_2}{T_1 T_2} L_4 =$$
$$= L_1 \frac{T_1}{N_1} L_2 \frac{T_2}{N_2} L_3 \frac{N_1}{T_1} L_4 \frac{N_2}{T_2}.$$

Das entwickelte Schaltsymbol ergibt einen vierpoligen zweistelligen Umschalter. Die Achsenkontakte sind mit L_1, L_2, L_3 und L_4, die Linkskontakte mit T_1, T_2, N_1 und N_2 und die Rechtskontakte mit N_1, N_2, T_1 und T_2 verbunden.

Beispiel 2. In einer Station laufen drei Anschalttelephonlinien L_1, L_2 und L_3 ein, die als Rückleitung Erde haben. Ein Anschalttelephon (T_1, T_2) soll durch einen Umschalter auf die Leitungen L_1 L_2, L_1 L_3 und L_3 E (Erde) geschaltet werden können. Die jeweils abgeschalteten Leitungsteile sollen an ein Dosenfernhörwerk (D_1, D_2) angeschlossen werden.

Diese Bedingungen erfordern einen Umschalter für drei Stellungen.

Das gewonnene Schaltsymbol wird nun den Stromwegen bei der Rechtsstellung (Abb. 6) des Umschalters gegenübergestellt.

$$\frac{\text{Schaltsymbol für die Links- und Mittelstellung}}{\text{Rechtsstellung (Abb. 6)}} =$$
$$= \frac{T_1 \frac{L_2}{L_1} T_2 \frac{L_1}{L_3} D_1 \frac{E}{L_2} D_2 \frac{L_3}{E}}{L_3 T_1 T_2 E;\ L_1 D_1 D_2 L_2}$$

Im Nenner werden die Glieder so vertauscht, daß sich die gleichbezeichneten Glieder einander gegenüberstehen. Man erhält

$$\frac{T_1 \frac{L_2}{L_1} T_2 \frac{L_1}{L_3} D_1 \frac{E}{L_2} D_2 \frac{L_3}{E}}{T_1 L_3 T_2 E D_1 L_1 D_2 L_2}$$

Die im Zähler und Nenner gemeinsamen Glieder T_1, T_2, D_1 und D_2 werden herausgehoben und man bekommt das Schaltsymbol eines gekuppelten vierpoligen, dreistelligen Umschalters.

$$T_1 \frac{L_2}{\frac{L_1}{L_3}} T_2 \frac{L_1}{\frac{L_3}{E}} D_1 \frac{E}{\frac{L_2}{L_1}} D_2 \frac{L_3}{\frac{E}{L_2}}$$

L_2, L_1 E und L_3 bezeichnen die Anschlüsse zu den Linkskontakten, L_1, L_3, L_2 und E zu den Mittelkontakten und L_3, E, L_1 und L_2 zu den Rechtskontakten des Umschalters.

Die Schaltung Abb. 7 ergibt sich wieder aus den Verbindungen der gleichbezeichneten Klemmen.

Eine weitere sehr günstige Lösung ergibt sich durch die Vertauschung der Glieder innerhalb der Bedingungen während der Entwicklung des Schaltsymboles.

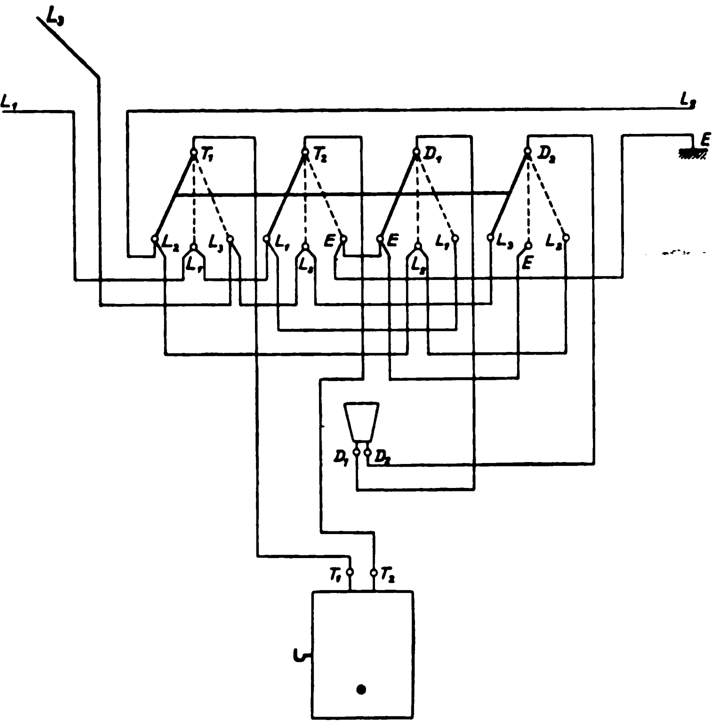


Abb. 7. Die entwickelte Schaltung eines gekuppelten, vierpoligen, dreistelligen Umschalters.

$$\frac{\text{Linksstellung (Abb. 4)}}{\text{Mittelstellung (Abb. 5)}} = \frac{L_2\,T_1\,T_2\,L_1;\;\; E\,D_1\,D_2\,L_3}{L_1\,T_1\,T_2\,L_3;\;\; L_2\,D_1\,D_2\,E} =$$

$$= \frac{L_2\,T_1\,L_1\,T_2\,E\,D_1\,L_3\,D_2}{L_1\,T_1\,L_3\,T_2\,L_2\,D_1\,E\,D_2} = \frac{L_2\,T_1\,L_1\,T_2\,E\,D_1\,L_3\,D_2}{L_2\,D_1\,L_1\,T_1\,E\,D_2\,L_3\,T_2} =$$

$$= L_2\,\frac{T_1}{D_1}\,L_1\,\frac{T_2}{T_1}\,E\,\frac{D_1}{D_2}\,L_3\,\frac{D_2}{T_2}$$

$$\frac{\text{Links- und Mittelstellung}}{\text{Rechtsstellung (Abb. 6)}} = \frac{L_2\,\frac{T_1}{D_1}\,L_1\,\frac{T_2}{T_1}\,E\,\frac{D_1}{D_2}\,L_3\,\frac{D_2}{T_2}}{L_3\,T_1\,T_2\,E;\;\; L_1\,D_1\,D_2\,L_2} =$$

$$= \frac{L_2\,\frac{T_1}{D_1}\,L_1\,\frac{T_2}{T_1}\,E\,\frac{D_1}{D_2}\,L_3\,\frac{D_2}{T_2}}{L_3\,T_1\,E\,T_2\,L_1\,D_1\,L_4\,D_2} = \frac{L_2\,\frac{T_1}{D_1}\,L_1\,\frac{T_2}{T_1}\,E\,\frac{D_1}{D_2}\,L_3\,\frac{D_2}{T_2}}{L_2\,D_2\,L_1\,D_1\,E\,T_2\,L_3\,T_1} =$$

$$= L_2\,\frac{\frac{T_1}{D_1}}{D_2}\,L_1\,\frac{\frac{T_2}{T_1}}{D_1}\,E\,\frac{\frac{D_1}{D_2}}{T_2}\,L_3\,\frac{\frac{D_2}{T_2}}{T_1}.$$

Diese Ableitung ergibt wieder einen gekuppelten vierpoligen, dreistelligen Umschalter. L_2, L_1, E und L_3 sind an den Achsenkontakten, T_1, T_2, D_1 und D_2 an den Linkskontakten, D_1, T_1, D_2 und T_2 an den Mittelkontakten und D_2, D_1, T_2 und T_1 an den Rechtskontakten angeschlossen.

Die gewonnenen Schaltungen mit Kurbelschalter lassen sich ohne Mühe auf alle anderen Arten von Umschaltvorrichtungen (Walzenschalter usw.) übertragen. Dieser systematische Weg der Ableitung der Schaltung eines Umschalters erfordert nur geringe Arbeit und hat den großen Vorteil, daß er zu allen möglichen Lösungen führt. Das beschriebene Verfahren ist eine Erweiterung der von Oberingenieur Martin Boda aufgestellten Schaltungstheorie der Blockwerke.

Berichte.

Allgemeines.

Der englische und amerikanische Fahrzeugbau im Jahr 1928.

Der englische Lokomotivbau ist seit dem Jahr 1920 nicht einmal mehr halb so stark beschäftigt gewesen, als vor dem Kriege. Erst gegen Ende des Jahres 1927 zeigte sich eine leichte Besserung, von der man annehmen konnte, daß sie auch im Jahr 1928 — zu mindest in seiner ersten Hälfte — weiterhin andauern würde. Tatsächlich hat das vergangene Jahr diese Hoffnung auch erfüllt und sich als das beste seit 1920 erwiesen. Die nachstehende Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Verhältnisse seit 1914; es ist aber zu beachten, daß in ihr die von den Bahnwerkstätten gebauten Lokomotiven nicht enthalten sind.

Tabelle 1: Auftragsbestand der englischen Lokomotivfabriken.

Jahr	Lokomotiven Stück	Lokomotiven im Vergleich mit 1914 in %
1914	15248	100,0
1920, Mai	14510	95,1
1923, 1. Halbjahr	4192	27,5
2. Halbjahr	7709	50,5
1924, 1. Halbjahr	4905	32,2
2. Halbjahr	5940	39,0
1925, 1. Halbjahr	7242	47,5
2. Halbjahr	7453	48,9
1926, 1. Halbjahr	6502	42,7
2. Halbjahr	5044	33,1
1927, 1. Halbjahr	6499	42,6
2. Halbjahr	7614	49,9
1928, 1. Halbjahr	7504	49,2
2. Halbjahr	7876	51,6

Nach einer Aufstellung aus dem Jahr 1924 wurden damals etwa 60% der sämtlichen in England gebauten Lokomotiven ausgeführt. Dieser Satz ist inzwischen eher größer geworden, weil ja die Bahngesellschaften einen großen Teil ihrer Lokomotiven selbst bauen. Im Jahr 1928 wurden insgesamt 40641 t Lokomotivgewicht ausgeführt, gegenüber 26932 t in dem — infolge des Bergarbeiterstreikes schlechten — Jahr 1927 und 33968 t im Jahr 1926. Der Wert dieser Ausfuhr war um 10 Millionen *RM* größer als 1926. Dabei ist es bemerkenswert, wie stark der Preis für 1 t Lokomotivgewicht seit 1913 geschwankt hat. Er betrug damals 1180 *RM* gegenüber einem Höchstwert von 3372 *RM* im zweiten Vierteljahr 1922, ging dann im ersten Vierteljahr 1924 bis auf 1444 *RM* zurück, um in den folgenden Jahren wieder bis zu einem größten Wert von 1942 *RM* im letzten Vierteljahr 1928 anzusteigen.

Auch die Ausfuhr von Lokomotivteilen ist von einem Betrag von 10 Millionen *RM* im Jahr 1926 auf über 22 Mill. *RM* im Jahr 1928 gestiegen. In dieser Zahl sind jedoch Radsätze und Einzelteile hierzu noch nicht enthalten. Im Gegensatz dazu ist die an sich schon geringfügige Einfuhr von ganzen Lokomotiven und Lokomotivteilen seit 1926 nicht mehr wesentlich größer geworden. Ihr Wert belief sich im vergangenen Jahr auf 285000 *RM*.

Das beste Bild über die Lage der englischen Lokomotivindustrie ergibt sich indessen aus einem Vergleich mit den entsprechenden Zahlen der übrigen in Frage kommenden Länder. In den nachstehenden Tabellen 2 und 3 ist die gesamte Ausfuhr von Lokomotiven und Lokomotivteilen aus Deutschland, Frankreich und den Vereinigten Staaten nach Wert und Gewicht mit derjenigen Englands zusammengestellt. Hiernach schneidet England wesentlich günstiger ab als die übrigen Länder. Es ist das einzige Land, das seine Ausfuhr seit 1924 nicht nur auf der alten Höhe halten, sondern sogar vergrößern konnte. Dem Wert nach übersteigt die Ausfuhr von 1928 auch diejenige von 1913 ganz bedeutend.

Tabelle 2: Wert der Lokomotivausfuhr in Millionen *RM*.

	1913	1924	1925	1926	1927	1928
England	55,64	37,04	52,98	60,86	45,74	70,02
Frankreich	1,70	7,40	8,62	4,40	5,78	4,96 [1]
Deutschland	53,96	20,84	26,76	24,56	25,16	22,00
Vereinigte Staaten	26,48	25,58	29,12	21,08	21,92	13,40

[1]) Nur ganze Lokomotiven.

Tabelle 3: Lokomotivausfuhr in t.

	1913	1924	1925	1926	1927	1928
England	47121	23563	30437	33968	26936	40641
Frankreich	3291	4522	7070	4118	4612	3330 [1]
Deutschland	53560	16900	22220	16850	15980	16150

[1]) Nur ganze Lokomotiven.

Im Gegensatz zu dieser verhältnismäßig günstigen Lage der englischen Lokomotivindustrie sind die Verhältnisse der nordamerikanischen Lokomotivindustrie durchaus ungünstig; nicht nur hinsichtlich der Ausfuhr, wie dies Tabelle 2 zeigt, sondern auch soweit es sich um Aufträge des eigenen Landes handelt. Es wurden von den Eisenbahnen der Vereinigten Staaten im ganzen Jahr 1928 nur 603 Lokomotiven bestellt. Dies ist die niedrigste Zahl seit 7 Jahren*) und abgesehen von den besonders schlechten Jahren 1919 und 1921 sogar der geringste Auftragsbestand seit dem Jahr 1902. Für ausländische Bahnen und für Kanada sind 27 bzw. 98 Lokomotiven in Auftrag gegeben worden. Die erste Zahl stellt genau die Hälfte des Auftragsbestandes von 1927 dar; dagegen ist die Zahl der Aufträge für Kanada wesentlich höher als in den letzten acht Jahren.

Zusammengefaßt belief sich die Zahl der Aufträge im Jahr 1928 nur etwa auf $^1/_4$ bis $^1/_6$ der Kriegsjahre und Vorkriegszeit. Man führt diesen Rückgang auf das Nachlassen des Personenverkehrs infolge des Kraftwagen-Wettbewerbes sowie auf eine gegenüber der Zeit vor 1918 langsamere Zunahme des Güterverkehrs zurück. Außerdem gestattet die erhöhte Leistungsfähigkeit der neueren Lokomotiven, deren Anzahl zu beschränken. Immerhin haben aber einzelne Bahnen auch im vergangenen Jahr ganz beachtenswerte Aufträge erteilt; so z. B. die New York Central-Bahn einen solchen von 165 Lokomotiven.

Nicht ganz so ungünstig liegen die Verhältnisse in Nordamerika beim Wagenbau. Die Zahl der 1928 für die Bahnen der Vereinigten Staaten in Auftrag gegebenen Güterwagen hat allerdings mit 51 200 Stück auch hier seit 28 Jahren den niedrigsten Stand erreicht, wenn man wiederum von den beiden Jahren 1919 und 1921 absieht. Dagegen hat Kanada mit 8901 Wagen wieder wesentlich besser abgeschnitten. Auch die Aufträge für das sonstige Ausland haben etwas zugenommen. Eine kleine Besserung ist beim Personenwagenbau festzustellen, wo der Auftragsbestand im vergangenen Jahr etwas zugenommen hat. Es wurden bestellt für die Vereinigten Staaten 1930, für Kanada 334 und für das übrige Ausland 29, zusammen 2293 Personenwagen. Mehr als die Hälfte der gesamten Inlandsaufträge, 1150 Wagen, sind von der Pennsylvania-Bahn bestellt worden. Insgesamt betrug die Zahl der Aufträge an Personenwagen etwa $^2/_3$, an Güterwagen etwa ½ der Vorkriegsjahre.

Verbrennungstriebwagen sind insgesamt 172 bestellt worden, dazu noch 22 Anhängewagen. Diese Zahlen bewegen sich in ähnlicher Höhe wie im Jahr 1927.

An besonderen Fortschritten hat der amerikanische Fahrzeugbau im vergangenen Jahr nicht viel aufzuweisen. Der Lokomotivbau hat in dem Bestreben, die Leistungen zu erhöhen, die 1 D + D 2 — h 4-Lokomotive der Northern Bahn**) als z. Z. größte Lokomotive der Welt herausgebracht. Es scheint, als ob weder die Steigerung der Achsdrücke noch die Beengung durch die Umgrenzungslinie oder in der Längenausdehnung der Entwicklung der Lokomotiven in Amerika besonders hinderlich wären; dagegen zeigt sich nach den amerikanischen Angaben als größtes Hindernis auf diesem Weg neuerdings der Umstand, daß sich die immer größer werdenden Gegengewichte in den Rädern nicht mehr unterbringen lassen. Man hat sich zwar bisher mit einer Vergrößerung des Treibraddurchmessers zu helfen gesucht; jedoch gelangt man auch hier bei Durchmessern von über 1600 mm für Güterzuglokomotiven an die Grenze des Möglichen und es dürfte eine der wichtigsten Aufgaben der nächsten Jahre sein, hier eine geeignete Lösung zu finden.

*) Organ 1928, S. 239.

**) Organ 1929, S. 195.

Das Bestreben, die Kesselleistung durch Erhöhung des Kesselüberdruckes unter Verwendung von hochwertigen Stählen als Kesselbaustoffe zu steigern, hat angehalten. Die Kanadische Pacific-Bahn, die schon 1927 zum erstenmal Langkessel aus hochwertigem Stahl hergestellt hat, ist im vergangenen Jahr dazu übergegangen, auch den Stehkessel mit Feuerbüchse und Stehbolzen sowie die Rohrwände und Rohre aus Nickelstahl zu fertigen. Als Ergebnis dieser Maßnahmen hat sich der Kesselüberdruck wieder ohne Vermehrung des Gewichtes steigern lassen, so daß ein Kessel gleichen Gewichtes heute 19,3 at Überdruck besitzt gegenüber 14 at vor wenigen Jahren.

Verschiedentlich sind Mallet-Gelenklokomotiven von Verbund- auf Vierlingswirkung umgebaut worden, nachdem sich diese Anordnung bei Neubauten so bewährt hatte, daß sie dort fast ausschließlich noch angewandt wird. Für die dabei erforderlichen Hochdruckgelenkrohre scheinen verschiedene brauchbare Bauarten vorhanden zu sein.

Bemerkenswert ist die häufigere Verwendung des in einem Stück aus Stahl gegossenen Rahmens, an den mitunter auch noch die Zylinder angegossen sind. Es dürfte sich dabei allerdings zunächst doch noch um Versuchsausführungen in größerem Umfang handeln, da derartige Lokomotiven noch nicht so lange im Betrieb stehen, als daß schon ein abschließendes Urteil über diese Rahmenbauart möglich wäre.

Viel Wert wird jetzt auch auf eine sorgfältige Durchbildung der Treib- und Kuppelachslager gelegt. Dagegen ist die Verwendung von Wasserrohrfeuerbüchsen selten geworden; vermutlich haben diese der Brotan-Feuerbüchse ähnlichen Bauarten auch ähnliche Mängel gezeigt wie diese. Schließlich muß noch die erstmalige Verwendung der Caprotti-Steuerung an der „President Cleveland"*) und die Benützung immer größerer Tender erwähnt werden. Letztere hängt mit der weiteren Einführung der Lokomotivlangläufe, vor allem auch bei Güterzügen zusammen.

An dieselelektrischen Lokomotiven waren in Amerika bisher rund 30 Stück im Betrieb und zwar ausschließlich im Verschiebedienst. Im vergangenen Jahr sind drei derartige Lokomotiven mit größeren Abmessungen gebaut und in den Streckendienst eingeteilt worden. Zwei dieser Lokomotiven mit einer Leistung von über 1000 PS laufen auf der New York Central-Bahn — je eine im Personen- und im Güterzugdienst — und die dritte mit 2660 PS Leistung bei der Kanadischen National-Bahn**). Die Erfahrungen der nächsten Jahre werden zeigen müssen, inwieweit derartige Lokomotiven die Dampflokomotive zu ersetzen vermögen.

Beim Bau der Güterwagen hat man Wert darauf gelegt, die Zug- und Stoßvorrichtungen sowie deren Anbau an den Wagen so zu vervollkommnen, daß die Erschütterungen und Stöße möglichst von dem Wagenkasten und der Ladung abgehalten werden. Eine neuere Kupplung, die im übrigen mit den bisherigen Kupplungen zusammenarbeiten kann, schließt die Kupplungsköpfe so eng aneinander, daß eine gegenseitige Bewegung derselben mit den daraus folgenden Erschütterungen und Abnützungen vermieden wird. Ähnliche Bestrebungen findet man auch beim Bau der Personenwagen, bei denen außerdem immer mehr Wert auf gediegene Ausstattung gelegt wird.

Im Anschluß an Versuche im Jahr 1927 sind im vergangenen Jahr weitere Güterwagen mit Untergestellen aus Stahlguß beschafft worden. Auch die Normung der Güterwagen hat Fortschritte gemacht. Die früher aufgestellten Entwürfe für Selbstentladewagen sind angenommen worden, außerdem ist eine Reihe von Entwürfen für geschlossene Güterwagen, die für den Versand von Kraftwagen geeignet sein sollen, aufgestellt worden. Dagegen ist man von einer Normung der Drehgestelle wieder abgekommen, um deren weitere Entwicklung nicht allzusehr

*) Organ 1929, S. 214.

**) Organ 1929, S. 196.



zu hemmen. Es sollen jetzt nur noch die wichtigsten Austauschbaumaße hierfür festgelegt werden.

Bei den Triebwagen ist beachtenswert, daß für sie im Jahr 1928 zum erstenmal in den Vereinigten Staaten Dieselmotoren verwendet worden sind, und zwar in der Bauart von Beardmore, die sich in Kanada schon bewährt zu haben scheint. Das Gewicht der Triebwagen und die Leistung ihrer Maschinen hat in den letzten Jahren ständig zugenommen. Im vergangenen Jahr ist eine Reihe von Wagen mit 600 bis 800 PS gebaut worden. Sie besitzen zwei Maschinensätze und können auch als Lokomotiven für leichtere Züge verwendet werden, stellen also gewissermaßen eine Übergangsform zwischen Lokomotive und Triebwagen vor. R. D.

(Eng. 1929, Nr. 3296 u. Railw. Age 1929, 1. Halbj., Nr. 1.)

Die Zeitschrift Revue générale des Chemins de Fer gibt anläßlich ihres fünfzigjährigen Bestehens einen

Überblick über die Entwicklung der französischen Eisenbahnen

in diesem Zeitraum, dem wir folgende, insbesondere die letzte Entwicklungsstufe betreffenden Angaben entnehmen.

Bei der Gründung der Zeitschrift im Jahre 1878 betrug die gesamte Betriebslänge der Eisenbahnlinien in Frankreich 21427 km; hiervon entfielen auf die sechs großen privaten Eisenbahngesellschaften und die Staatsbahnen 19844 km, und zwar:

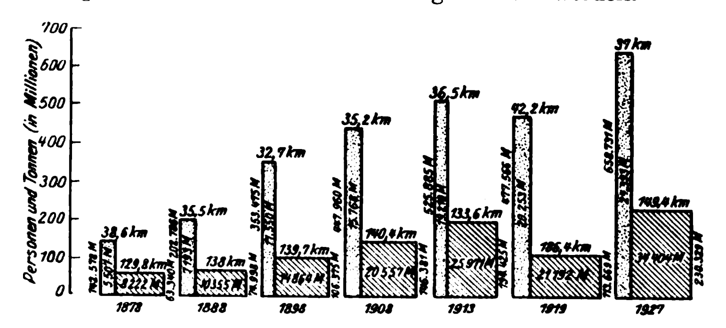
Während der 36 Entwicklungsjahre bis zum Weltkrieg hat sich das französische Eisenbahnnetz um die doppelte Betriebslänge vergrößert. Zur Erzielung eines guten internationalen Verkehrs waren die Eisenbahngesellschaften immer bestrebt, gut ausgebaute Verbindungslinien mit den Bahnnetzen der Nachbarstaaten zu erreichen. Es mußten bei diesen Bestrebungen oft ganz beträchtliche Hindernisse überwunden werden. So entstanden die beiden großen Alpendurchbrüche, der Mont-Cenis-Tunnel mit 13600 m Länge, der im Jahre 1871 in Betrieb genommen wurde, und der 19800 m lange Simplontunnel, der 1906 vollendet war. Die Pyrenäen wurden auf beiden Seiten mit den spanischen Eisenbahnlinien verbunden.

Der zweite Simplontunnel wurde im Jahre 1921 dem Betrieb übergeben. Durch den Durchstich durch den Somport mit 7800 m Länge wurden die Pyrenäen durchkreuzt. Ein weiterer Tunnel durch den Col du Brons mit 6000 m Länge zwischen Nicca und Coni stellt einen weiteren Eisenbahnanschluß an das italienische Netz her.

Bei Kriegsausbruch verfügten sie über 13800 Lokomotiven, 362700 Güterwagen und 49300 Personen- und Gepäckwagen. Während der Kriegsjahre wurden an die Eisenbahngesellschaften ganz außergewöhnliche Anforderungen gestellt. Im Laufe von 20 Tagen mußten 42 mobile Armeekorps durch mehr als 3300 Züge an die Gefechtslinie gebracht werden. Im Laufe der Sommeschlacht im Jahre 1916 waren 6768 Truppenzüge zu fahren und Ende Oktober 1917 wurden im Verlaufe von vier Tagen durch die Paris-Lyon-Mittelmeerbahn 120000 Mann mit Artillerie und dem gesamten Kriegspark von der französischen an die italienische Kampflinie befördert.

Seit dem Jahre 1921 haben die französischen Eisenbahngesellschaften Studienkommissionen zur Einführung der wirtschaftlichsten Arbeitsverfahren in allen Dienstzweigen eingeführt. Es wurde in den letzten Jahren angestrebt, die Leistungsfähigkeit der bestehenden stark belegten Strecken zu heben, unter gleichzeitiger Verbesserung der Betriebssicherheit. Mit der Einführung des „Dispatching-Systems“ auf wichtigen Verkehrslinien im Anschluß an größere Rangierbahnhöfe konnte die Leistungsfähigkeit vieler Eisenbahnlinien bedeutend erhöht werden. Die Paris-Lyon-Mittelmeerbahn z. B. hatte im Jahre 1927 rund 3000 km mit dieser Neuerung ausgebaut. Die Vorteile, die durch das Dispatching-System erzielt werden, sind recht bedeutend. Die Lokomotivstunden werden verringert, das Zugbegleit- und das Lokomotivpersonal kann besser ausgenützt werden. Durch Verringerung der Aufenthalte vor den Signalen werden die Zugtrennungen auf freier Strecke beträchtlich herabgemindert. Die Betriebssicherheit wurde ferner durch die Ausrüstung vieler Linien mit Streckenblock erhöht. Zur Zeit werden Studien über die bestmöglichste Signalgebung gemacht, zur Erreichung der höchsten Betriebssicherheit.

Die Stationseinrichtungen auf Güter- und Personenbahnhöfen werden dauernd verbessert zur Erreichung einer wirtschaftlichen Betriebsführung. Auf fast allen Bahnhöfen ist heute elektrische Beleuchtung eingeführt; in Rangierbahnhöfen werden leistungsfähige, elektrische Lampen von besonderer Form aufgestellt. Viele Stationen sind mit elektrischen 20 t-Kranen zum Güterumschlag ausgerüstet, andere mit magnetelektrischen Kranen für Eisenumschlag. In Rangierbahnhöfen werden fernbediente Gleisbremsen in großem Umfang eingebaut zur Erleichterung des Abfangens der ablaufenden Wagen mit Gleisschuhen. Durch Lautsprecher und Lichtsignale konnten die Wagenbeschädigungen in Rangierbahnhöfen bedeutend herabgemindert werden.



Durch die rechteckigen punktierten Flächen wird der Personenverkehr dargestellt,	durch die schraffierten der Güterverkehr.
Aus den Höhen ist die beförderte Personenzahl zu entnehmen,	die bewegte Tonnenzahl.
aus den Breiten die zurückgelegte mittlere Entfernung in km.	desgl.
Den Flächen entspricht die Zahl der Personenkilometer,	der Tonnenkilometer.

Abb. 1. Entwicklung der Verkehrsbelastung der großen französischen Eisenbahngesellschaften seit 1878 (ohne Elsaß-Lothringen).

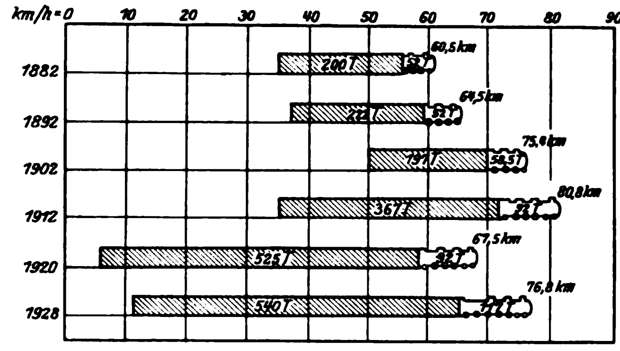


Abb. 2. Bildliche Darstellung der mittleren Zugs- und Lokomotivgewichte, sowie der Geschwindigkeit eines Schnellzuges 1. Klasse zwischen Paris und Marseille. (Das Gewicht der Tender blieb unberücksichtigt.)

Die Ergänzung des Wagenparks für den Personenverkehr durch Stahlwagen trägt zur Erhöhung der Sicherheit der Reisenden bei Betriebsunfällen bei.

Die Einführung der durchgehenden Güterzugbremse erfolgt im Laufe der nächsten fünf Jahre. Die Westinghouse- und Kunze-Knorrbremse konnten als den Bedingungen entsprechend bezeichnet werden. Zur allgemeinen Einführung gelangt die Westinghouse-Bremse. Hierzu ist ein Aufwand von 1600 Millionen Franken erforderlich. 670 Millionen Franken werden vom französischen Staat leihweise an die Gesellschaften abgegeben, den Rest müssen diese selbst aufbringen.

Im Jahre 1920 wurde ein Entwurf zur Elektrisierung der Bahnen ausgearbeitet und angenommen. Danach soll ein Netz von 9000 km elektrisch ausgebaut werden, vornehmlich bei den Eisenbahngesellschaften in der Nähe der großen Wasserkraftanlagen (Südbahn, Paris-Orleansbahn und Paris-Lyon-Mittelmeerbahn). Als Stromart wählten sie Gleichstrom mit 1500 Volt Spannung. Zur Zeit ist der Betrieb auf 1066 km des französischen Bahnnetzes, ohne die Pariser Vorortbahnen, elektrisch.

Bei allen Gesellschaften wird in Zukunft nur mehr einheitliches Oberbaumaterial neu beschafft mit folgenden Gewichten:

46 kg/m für Schnellzugstrecken, 36 kg/m für die übrigen regelspurigen Gleise und 26 kg/m für Schmalspurbahnen. Das Kleineisen ist für jede dieser Oberbauarten verschieden mit Ausnahme der Schwellenschrauben. Die Schienenlängen betragen 12, 18 oder 24 m. Die Länge der Schwellen für Vollspurbahnen wurde allgemein auf 2,60 m festgesetzt. Die Beschaffung erfolgt nach drei Klassen, deren Ausmaße sich nur in Höhe und Breite unterscheiden. Auf den 12 m Stoß werden 16, 18 oder 20 Stück Schwellen eingebaut, auf den Stoß von 18 m Länge 27, 29 oder 31 Stück.

Nach dem Krieg waren die Gleise bei allen Gesellschaften stark heruntergewirtschaftet. Außergewöhnliche Aufwendungen waren notwendig, diesen Mißstand wieder auszugleichen. Alle Gesellschaften verwenden grundsätzlich nur mehr Schotter aus bestem wetterbeständigen Gestein, ohne große Beförderungskosten zu scheuen. Die Gleisunterhaltung wird ausschließlich nach neuzeitlichen Gesichtspunkten unter möglichster Ausnützung von maschinellen Einrichtungen durchgeführt. Selbstentladewagen ermöglichen eine schnelle und billige Verbringung des Gleisschotters an seine Verwendungsstelle. Die Unkrautbekämpfung erfolgt in großem Stile mit Jätemaschinen oder auf chemischem Wege.

In Abb. 1 ist die Verkehrsentwicklung der großen Eisenbahngesellschaften (Elsaß-Lothringen ausgenommen) seit 1878 bildlich dargestellt.

Zusammenstellung.

		I. Klasse kg	II. Klasse kg	III. Klasse kg
1878		256	145	123
1908		680	453	410
1928	Wagen aus Holz	1000	625	500
	Wagen aus Stahl		630	639

Abb. 2 zeigt die Entwicklung der Geschwindigkeiten und der Belastung der Schnellzüge 1. Klasse zwischen Paris und Marseilles seit dem Jahre 1882. Der Bequemlichkeit der Reisenden wurde dauernd besonderes Augenmerk zugewandt. Aus der Zusammenstellung ist die Entwicklung des auf eine Person treffenden toten Gewichtes in den drei Wagenklassen bei Besetzung aller Plätze zu ersehen.

Die Eisenbahngesellschaften betreiben seit Kriegsende in großem Maßstabe eigene Autolinien, die meist dem Personenverkehr dienen. Die Paris-Lyon-Mittelmeerbahn z. B. befährt zur Zeit ein Straßennetz von 10200 km Gesamtlänge. — Alle Eisenbahngesellschaften führen gegenwärtig einen Kampf gegen den Wettbewerb des Autoverkehrs, der besonders auf kurze Entfernungen ganz bedeutend in Erscheinung tritt. Der Autobesitzer kann seine Tarife nach Angebot und Nachfrage ändern, während die Eisenbahngesellschaften an die gesetzlichen, festen Tarife gebunden sind. Er braucht seine Fahrbahn nicht selbst zu unterhalten, ist teilweise von dem schweren Steuerdruck befreit, der auf den Eisenbahnverwaltungen in Form von hohen Verkehrssteuern lastet. Der Verlust an Einnahmen durch den Autowettbewerb wird auf 1% für den Personenverkehr und auf etwas mehr für den Güterverkehr geschätzt. Die Gesellschaften bekämpfen diesen Wettbewerb durch örtliche Tarifermäßigungen aller Art. Neuerdings werden zur Schädigung dieser Unternehmen eigene Autowettbewerbslinien betrieben. Dadurch glaubt man die privaten Autogesellschaften im Laufe der Zeit zur Aufgabe ihres Betriebs zu zwingen.

Außer den 7 großen Eisenbahngesellschaften besitzt Frankreich ein ziemlich bedeutendes Lokalbahnnetz (etwa 300 Gesellschaften). Im Jahre 1878 betrug dessen Gesamtlänge 5650 km, im Jahre 1913 22000 km. Diese Lokalbahngesellschaften litten unter der Preissteigerung während und nach dem Kriege ganz außergewöhnlich. Die meisten konnten ihre Finanzen aus eigenen Kräften nicht mehr ins Gleichgewicht bringen. Zur Vermeidung von Betriebsstillegungen sprangen die an den einzelnen Unternehmen interessierten Gemeinden, Städte und Departements mit Gewährung von Vorschüssen — meistens unter Verlustbuchung — ein. Durch Tariferhöhungen (bis zu 500%) suchten die Bahnen ihren Haushalt auszugleichen. Das Ergebnis davon war, daß ihnen private Kraftwagengesellschaften den Verkehr wegnahmen. Nur solche Lokalbahngesellschaften, die einen guten örtlichen Verkehr zu bedienen haben, und sich rechtzeitig auf neuzeitliche eisenbahntechnische Grundsätze umzustellen vermögen, dürften den Wettbewerb mit dem billigeren Kraftwagen bestehen.

Scherer.

Eisenbahnunfälle in England.

Der jährlich erscheinende Bericht über Eisenbahnunfälle der englischen Eisenbahnen enthielt seit 1919 nur im Jahre 1924 unter dem Abschnitt Vorbeugungsmaßnahmen Bemerkungen über den Gleiszustand. Hierzu bestand Veranlassung, weil in diesem Jahr vier Unfälle sich ereignet hatten, die auf schlechte Gleislage zurückgeführt werden mußten. Im Berichte für das Jahr 1927 wurde bemerkt, daß mit dem wachsenden Lokomotivgewicht, besonders der schweren Tendermaschinen, die Verbesserung und Verstärkung des Oberbaues Schritt halten müssen. Im Jahre 1928 sind dennoch drei Unfälle zu verzeichnen, die sich bei der Fahrt von schweren Lokomotiven auf schlechtem Gleis ereigneten. Der erste der drei Unfälle geschah am 13. Januar bei Bridgenorth auf der Severn Valley Linie der Great Western Eisenbahn. Ein aus einer schweren Tenderlokomotive der Bauart 1 C 1 und drei Drehgestellwagen bestehender Zug entgleiste vollständig. Als Ursache wurde eine zu große Zahl schadhafter Schwellen festgestellt. Selbst für eine leichtere Lokomotive sei für die übliche Geschwindigkeit die Sicherheit des Gleises zu gering gewesen. Im zweiten Fall entgleiste ein Schnellzug bei Chatburn vollständig. Da die schweren Lokomotiven hier schon seit mehreren Jahren verkehrten, konnte die Ursache nicht in ihrer Verwendung liegen. Dagegen zeigte das Gleis Unregelmäßigkeiten in der Spurweite, schnelle Wechsel in der Fahrkante, lose Schwellen und schlechte, gebrochene Schienenbefestigungsmittel. Der dritte Unfall ereignete sich bei Swinderby, wo eine schwere Lokomotive der Bauart C 2 und ihre acht Wagen entgleisten. Das Gleis zeigte in diesem Fall eine besondere Eigenheit. Obgleich die Strecke beiderseits der Entgleisungsstelle auf etwa 3 km gerade läuft, war eine Schiene überhöht, wahrscheinlich um einer Schwäche im Gleisbett entgegenzuarbeiten. Die Überhöhung schwankte auf etwa zehn Schienenlängen von 10 bis 40 mm. Das Gleis war 1921 bis 1922 erneuert worden, aber es waren nur zwei Schrauben zur Befestigung der Stühle auf den Schwellen verwendet worden. Diese Befestigung war für die Aufnahme der in der Geraden auftretenden starken Seitenstöße der Lokomotiven nicht ausreichend. Auch bot der Bettungsstoff, nämlich alter Kies und Schlacke gegen das Wandern des Gleises nicht genügend Widerstand.

Der Bericht verweist noch darauf, daß bei den schweren Tendermaschinen zwar der Achsdruck das zulässige Maß nicht überschreite, aber das Gewicht für den laufenden Meter des Achsstandes gegenüber früher beträchtlich höher geworden sei. Er verlangt schließlich noch, daß den Tragfedern der Lokomotiven besonderes Augenmerk zuzuwenden sei. Im Falle der Entgleisung in Chatburn wurde festgestellt, daß eine der Tragfedern schon stark erlahmt war und die gegenüberliegende fünf gebrochene Blätter enthielt. Die rechten Kuppelräder waren mit 7,35 t belastet, die linken aber mit 10,9 t. Diese Umstände trugen wesentlich zur Entgleisung bei.

Eb.

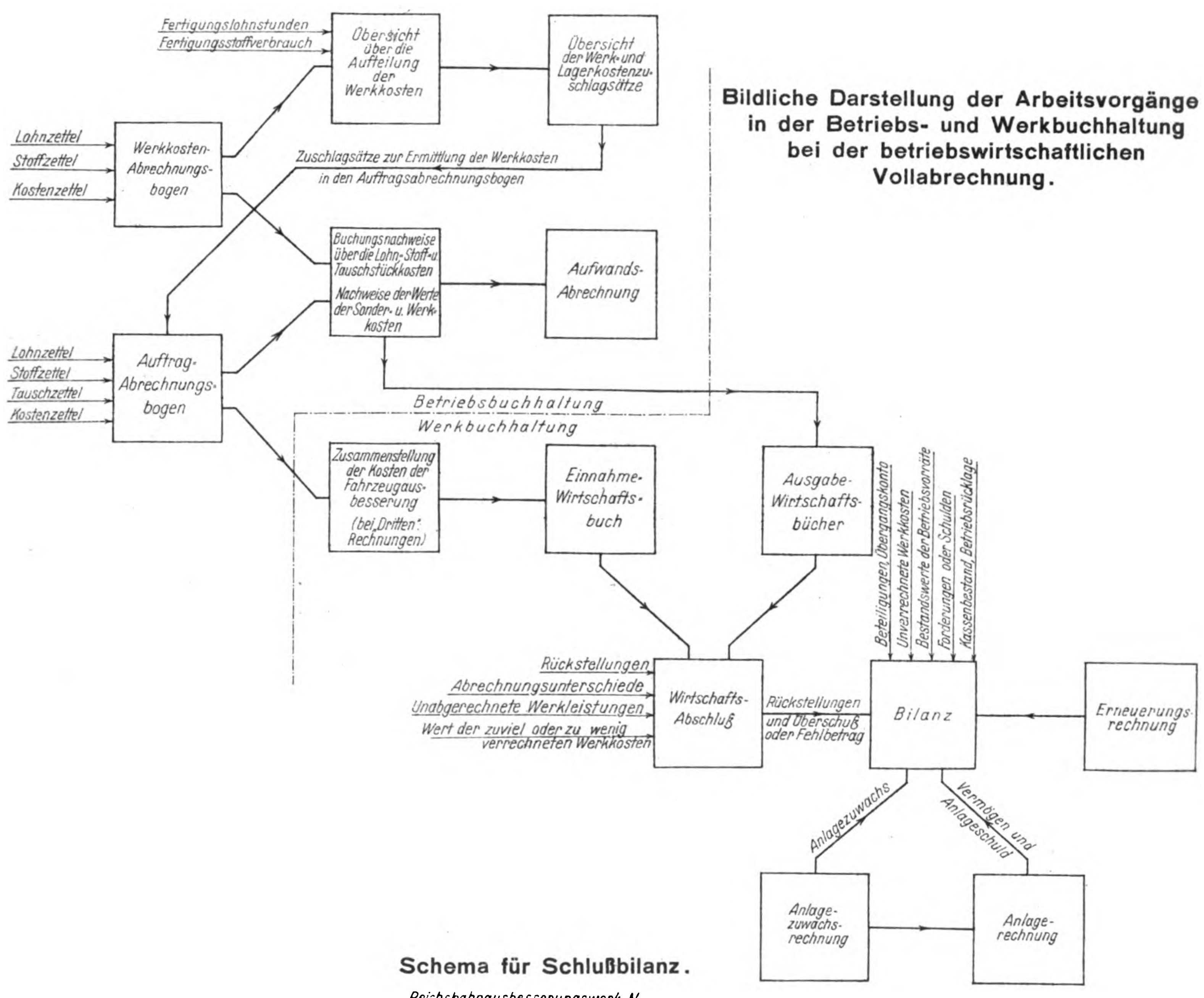
Preisausschreiben der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft für den Behälterverkehr*).

Auf vielseitigen Wunsch hat die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft — Hauptverwaltung — den Zeitpunkt für die Einreichung der Vorschläge vom 15. Juli auf den 30. September 1929 verschoben.

*) Siehe Organ 1929, Seite 180.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.

Zum Aufsatz:
Die betriebswirtschaftliche Vollabrechnung in den Reichsbahn-Ausbesserungswerken der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.



Schema für Schlußbilanz.

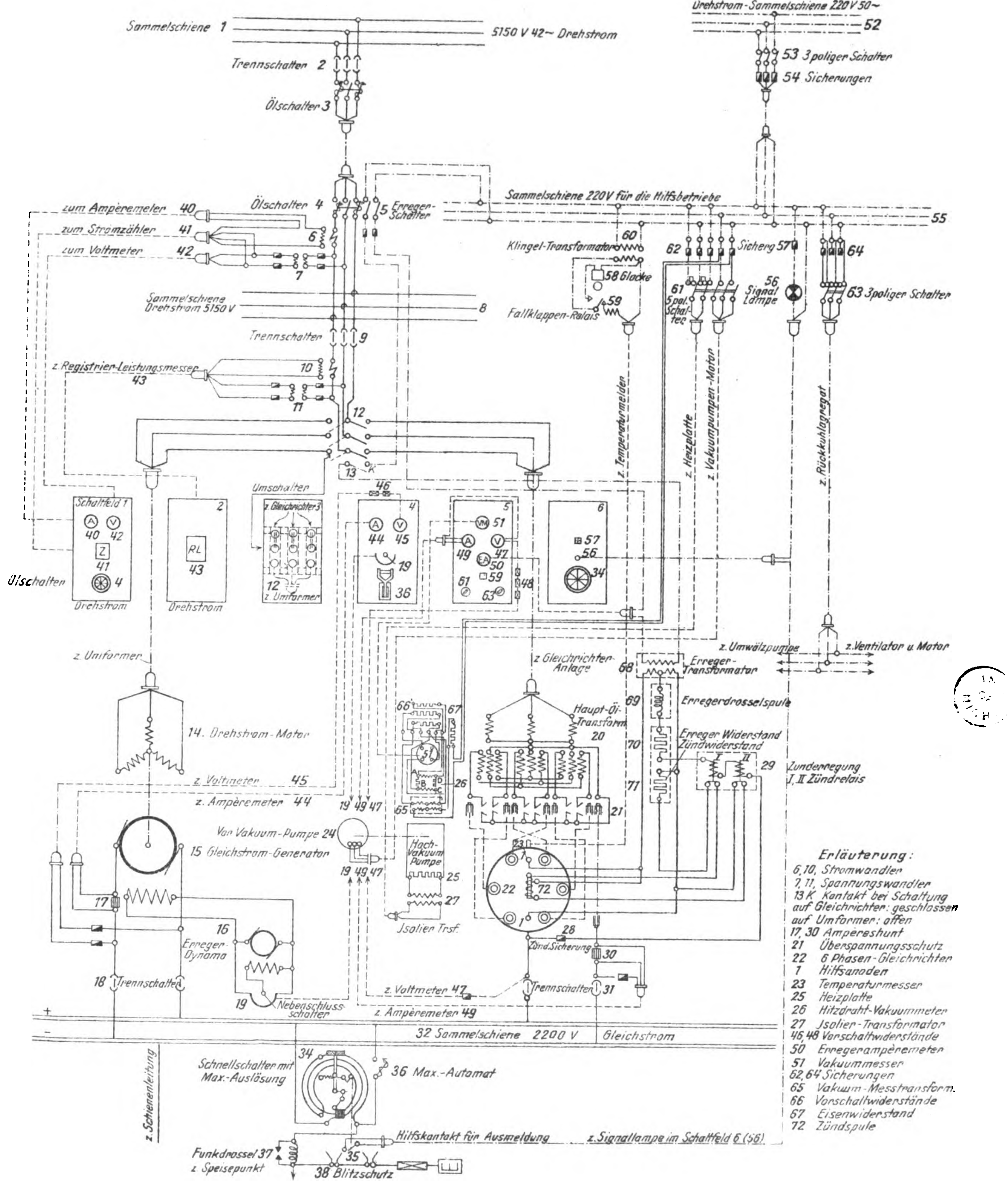
Reichsbahnausbesserungswerk N.
Bilanz für den 30. April 1927.

	Vermögen	Bilanzwert RM.	Rpf.		Verbindlichkeiten	Bilanzwert RM.	Rpf.
1	Reichseisenbahnvermögen	7 389 793	74	1	Anlageschuld	7 389 793	74
2	Betriebsvorräte	4 173 326	36	2	Betriebsrücklage	4 320 110	50
3	Kasse	64 325	40	3	Schulden	64 825	40
4	Beteiligungen	–	–	4	Rückstellungen	37 593	37
5	Forderungen	227 574	24	5	Unterschied zwischen planmäßiger und tatsächlicher Erneuerung	25 449	20
6	Unterschied zwischen planmäßiger und tatsächlicher Erneuerung	–	–	6	Überschuß	17 247	53
7	Fehlbetrag	–	–			11 855 019	74
		11 855 019	74				

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt W. Kreidel's Verlag, München.

Zum Aufsatz:
Die elektrische Ausrüstung der Lokalbahn Peggau- Übelbach.

Schaltbild der Anlage im Elektrizitätswerk Deutsch-Feistritz.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt. C. W. Kreidel's Verlag, München

1929
84. Jahrgang

Heft 16
15. August

ORGAN

FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN
HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.



Verschiedenes.



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

84. Jahrgang — 15. August 1929 — Heft 16

Flache Bögen als Ersatz kurzer Zwischengeraden zwischen Bögen gleichen Sinnes.

Von Reichsbahnrat **Leisner**, Würzburg.

Gemäß § 10, 2 der Oberbauvorschriften der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft vom 1. Januar 1928 sind zwei gleichgerichtete Bögen besser durch einen flachen Bogen zu verbinden, wenn das zwischen zwei Übergangsbögen verbleibende Stück einer Zwischengeraden kürzer würde, als der längere der beiden Übergangsbögen.

Diese Aufgabe wird künftig häufiger vorkommen.

Nach den Erfahrungen des Verfassers ist sie vorkommendenfalls bisher mit dem Bogenlineal im Probierverfahren gelöst worden. Die gestellten Bedingungen versuchte man durch nachträgliche Berechnung zu bestätigen, was aber den Eigentümlichkeiten der Aufgabe entsprechend nur ausnahmsweise glücken konnte und gewöhnlich nach zeitraubenden Versuchsrechnungen doch zu Näherungslösungen führte. Dieses Ergebnis stand in einem Mißverhältnis zu der aufgewandten Zeit und Mühe.

Dem Verfasser ist ein Verfahren, welches ohne Umwege bei Erfüllung gestellter Forderungen zum Ziele führt, aus der Literatur nicht bekannt.

Nachstehend sei daher wegen der Bedeutung, die die Berechnung flacher Bögen derzeit hat, ein solches entwickelt:

1. Ableitung der Formeln.

In Abb. 1 bedeuten:

r_1 und r_2 die Halbmesser der im gleichen Sinne gekrümmten Kreisbögen ($r_1 > r_2$),

z die Zwischengerade, welche diese Bögen verbindet,

R den Halbmesser des Kreisbogens als Ersatz der Zwischengeraden z und

f den größten Abstand des flachen, die Kreise r_1 und r_2 berührenden Bogens R von der Zwischengeraden z.

Zieht man durch die Mittelpunkte O_1 und O_2 der Kreise r_1 und r_2 die Linie AB und durch die Punkte A und D sowie B und C die Linien AE und BE, so erhält man die Dreiecke AEB und DEC, die rechtwinklig und ähnlich sind. Der Beweis folgt aus der Gleichheit der drei in Abb. 1 eingetragenen Winkel δ. Die um die Mittelpunkte O_3 und O_4 geschlagenen Kreise mit den Halbmessern $\frac{\overline{AB}}{2}$ und $\frac{z}{2}$ gehen daher durch den Dreieckspunkt E und die Halbmesser O_3E und O_4E schließen einen Winkel $O_3EO_4=\varphi$ ein, der gleich dem Winkel $GO_2O_1=\varphi$ wird, wenn O_2G zu CD parallel ist. Das ergibt sich aus der Ähnlichkeit der Dreiecke FEO_4 und SEO_3.

Wenn nun ein zu suchender Kreisbogen R mit seinem Mittelpunkte in O_5 einen vorgeschriebenen Abstand f von der Zwischengeraden z nicht überschreiten soll, so berührt er die im Abstande f zur Geraden z gezogene Parallele in Punkt K und die Kreise r_1 und r_2 in den Punkten H und J. Aus der Lage der Punkte H, O_1 und O_5 sowie J, O_2 und O_5 auf je einer Geraden und aus der Mittelpunktslage für O_5 folgt dann, daß die Punkte H, D und K einerseits und die Punkte J, C und K andererseits ebenfalls auf einer Geraden liegen müssen und das dementsprechend,

$\frac{1}{2}$ Winkel $HO_1D=$ Winkel $KDL=\frac{\alpha}{2}$ und $\frac{1}{2}$ Winkel $JO_2C=$ Winkel $KCL=\frac{\beta}{2}$ sein muß. Weiter ist $\frac{\overline{O_1M}}{\overline{O_1O_5}}=\sin\alpha$ und $\frac{f}{\overline{O_1M}}=\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$, ebenso $\frac{\overline{O_2Q}}{\overline{O_2O_5}}=\sin\beta$ und $\frac{f}{\overline{O_2Q}}=\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}$.

Hieraus folgt durch Multiplikation dieser Gleichungen

$$\overline{O_1O_5}=\frac{f}{\sin\alpha\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} \quad \ldots\ldots 1)$$

und

$$\overline{O_2O_5}=\frac{f}{\sin\beta\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} \quad \ldots\ldots 2).$$

Schreibt man nun

$$\overline{O_1O_5}=R-r_1=d_\alpha$$

und

$$\overline{O_2O_5}=R-r_2=d_\beta,$$

so erhält man mit Benutzung von Gl. 1) und Gl. 2) die **genauen Formeln**

$$R=r_1+d_\alpha=r_1+\frac{f}{\sin\alpha\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} \quad \ldots\ldots 3)$$

oder

$$R=r_2+d_\beta=r_2+\frac{f}{\sin\beta\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} \quad \ldots\ldots 4).$$

Hieraus geht hervor, daß der Halbmesser R aus den Halbmessern r_1 und r_2 sowie aus den Halbmesserunterschieden $R-r_1=d_\alpha$ und $R-r_2=d_\beta$ bestimmt werden kann, wenn die Winkel α und β bekannt sind. Diese lassen sich leicht berechnen: Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke KLO_4 und GO_2O_1 ergibt sich:

$$\frac{x}{f}=\frac{r_1-r_2}{z} \text{ und } x=\frac{r_1-r_2}{z}\cdot f.$$

Da $\frac{f}{\frac{z}{2}-x}=\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$ und $\frac{f}{\frac{z}{2}+x}=\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}$,

so ist

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}=\frac{f}{\frac{z}{2}-\frac{r_1-r_2}{z}\cdot f} \quad \ldots\ldots 5)$$

und

$$\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}=\frac{f}{\frac{z}{2}+\frac{r_1-r_2}{z}\cdot f} \quad \ldots\ldots 6)$$

wenn $r_1 > r_2$ ist, was in den vorliegenden Untersuchungen Voraussetzung sein soll.

Setzt man diese Werte in Gl. 3) und Gl. 4) ein und schreibt ferner $\sin\alpha\cdot\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}=2\operatorname{tg}^2\frac{\alpha}{2}$, was bei kleinen Winkeln bis

$5\frac{1}{2}^0$ zulässig ist, so erhält man näherungsweise

$$R = r_1 + \frac{\left(\frac{z}{2} - \frac{r_1 - r_2}{z} f\right)^2}{2f} \quad \ldots \ldots 7)$$

oder

$$R = r_2 + \frac{\left(\frac{z}{2} + \frac{r_1 - r_2}{z} f\right)^2}{2f} \quad \ldots \ldots 8).$$

Die Absteckung des flachen Bogens R erfolgt zweckmäßig von der im Abstande f zur Zwischengeraden z parallel gezogenen Geraden TU aus (Abb. 1).

Die Lage des Punktes K ergibt sich aus:

$$\overline{LK} = f$$

und

$$\overline{LD} = \frac{z}{2} - x = \frac{z}{2} - \frac{r_1 - r_2}{z} \cdot f = \frac{z}{2} - \operatorname{tg}\varphi f,$$

oder

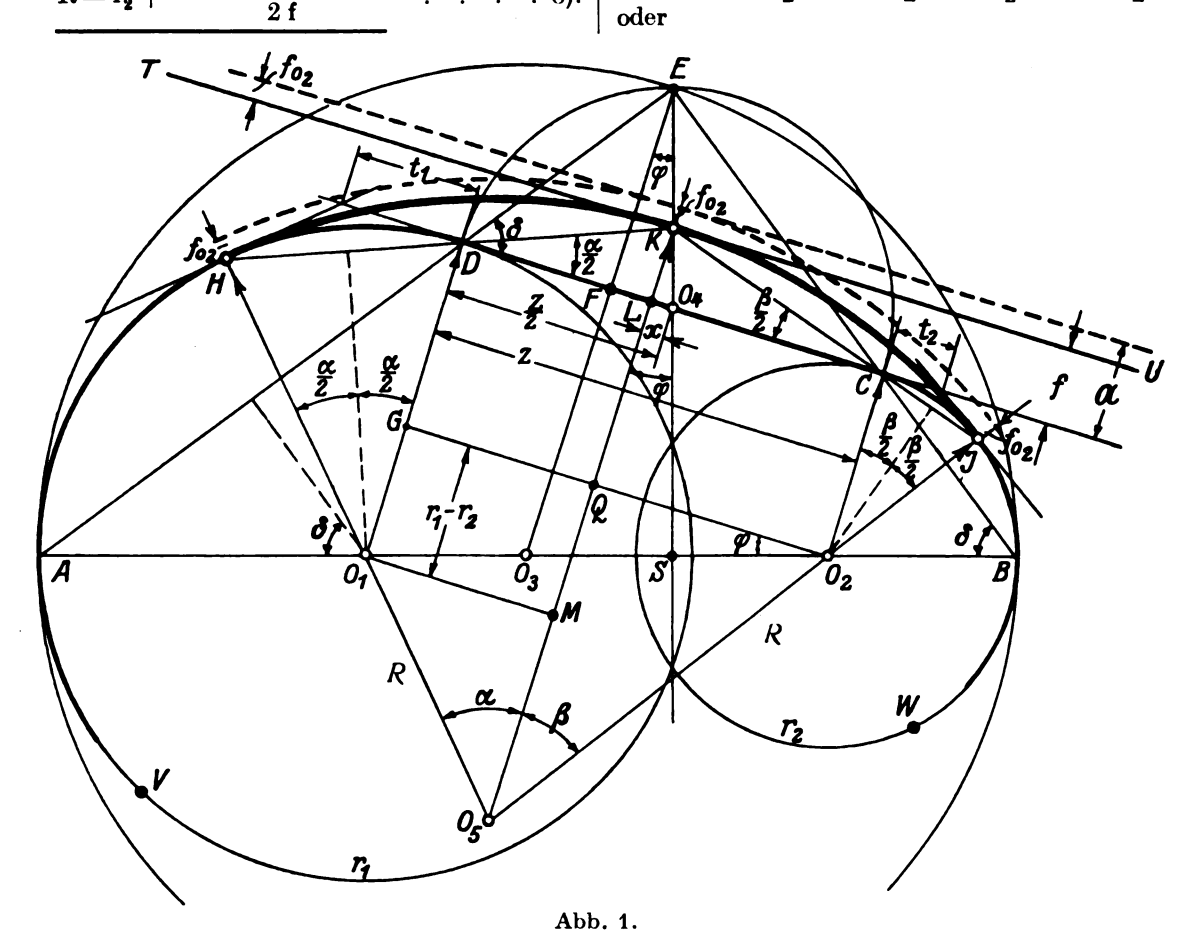


Abb. 1.

Für den Fall, daß Bögen von gleichem Halbmesser durch einen flachen Bogen verbunden werden sollen, ergibt sich für $r_2 = r_1$

$$x = \frac{r_1 - r_2}{z} f = 0,$$

daher

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \operatorname{tg}\frac{\beta}{2} = \frac{f}{\frac{z}{2}} = \frac{2f}{z} \quad \ldots \ldots 9)$$

und angenähert

$$R = r + \frac{\left(\frac{z}{2}\right)^2}{2f} = r + \frac{z^2}{8f} \quad \ldots \ldots 10)$$

Die genauen Gl. 3) und 4) ändern sich nicht.

Damit sind die Formeln zur Bestimmung des Halbmessers R aufgestellt. Die Größen r_1, r_2 und z sind meist bekannt; das Maß f muß in der Natur in seinem je nach den örtlichen Verhältnissen verschiedenen Größtwert ermittelt werden. Es stellt jemals die größte mögliche seitliche Verschiebung der Geraden z bei der Verziehung in die Lage eines flachen Bogens dar (s. Abb. 1) und bestimmt in den Gl. 3) und 4), 7) und 8), sowie 10) die Auswirkung verschiedener Größtverschiebungen f auf die Größe des Halbmessers R auf die einfachste Weise.

$$\overline{LC} = \frac{z}{2} + x = \frac{z}{2} + \frac{r_1 - r_2}{z} \cdot f = \frac{z}{2} + \operatorname{tg}\varphi f \quad \text{und}$$

die der Kreisberührungspunkte H und L aus:

$$t_1 = r_1 \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = r_1 \frac{\overline{LK}}{\overline{LD}}$$

und

$$t_2 = r_2 \operatorname{tg}\frac{\beta}{2} = r_2 \frac{\overline{LK}}{\overline{LC}}.$$

Hierbei ist zu beachten, daß die Berührungspunkte D und C der Geraden z mit den Bögen r_1 und r_2 vorher abzustecken sind, wenn an den Stellen D und C aus Anlaß des Einlegens von Übergangsbögen Bogenverschiebungen vorhanden sind.

Es wäre nun noch zu untersuchen, unter welchen Voraussetzungen die Näherungsformeln 7) und 8) die mathematisch genauen Formeln 3) und 4) ersetzen könnten. Diese Frage kann durch die Angabe bestimmter Winkelgrenzen für α und β nicht beantwortet werden. Denn wie Gl. 5) und 6) zeigt, ändern sich bei gleichbleibender Halbmesserdifferenz $r_1 - r_2$ die Winkel α und β nicht, wohl aber der Wert R (s. Gl. 7 u. 8), der außerdem bei gleichen Winkeln α und β proportional den Größenverhältnissen wächst, wenn alle Verhältnisse geometrisch ähnlich bleiben. Die Genauigkeit der Gl. 7) und 8) ist daher selbst bei kleinen Winkeln unter $5\frac{1}{2}$ nicht

ohne weiteres gewährleistet, sie hängt vielmehr wesentlich mit davon ab, wie sich der Unterschied zwischen einem genau und einem angenähert berechneten Halbmesser R auf die Güte der Absteckung auswirkt. Hierüber gibt aber nur Aufschluß die Größe des Halbmessers R und die Länge des flachen Bogens, da diese Maße die Größe der Ordinaten der Bogenpunkte und daher deren Abweichungen voneinander beeinflussen.

Will man sich der Mühe einer jedesmaligen diesbezüglichen Untersuchung entheben, so benütze man von vorneherein gleich die Gl. 3) oder 4) in Verbindung mit Gl. 5) oder 6), was nicht viel mehr Zeit erfordert, als die Anwendung der Gl. 7) oder 8) einschließlich deren Prüfung auf ihre Zulässigkeit. Es empfiehlt sich dann, zur Prüfung der Rechnung die Formeln 3) und 4) gleichzeitig anzuwenden.

Der Vorteil der Gl. 7) und 8) besteht darin, daß sie die Ermittlung des Halbmessers R ohne Zuhilfenahme einer Logarithmentafel mit dem Rechenschieber näherungsweise gestatten und deshalb die Aufstellung von Überschlagsentwürfen in kürzester Zeit ermöglichen.

Die oben angestellten Betrachtungen führen aber zu einem anderen wichtigen Ergebnis. Der Halbmesser R des flachen Bogens wird sich in der Regel als eine unrunde Zahl errechnen, die zweckmäßig auf volle 100 m aufzurunden, d. h. auf- oder abzurunden sein wird. Zu dem aufgerundeten Halbmesser müßte dann eine neue Bogenverschiebung f durch Proberechnungen mit den abgeleiteten Formeln bestimmt werden. Diese mühselige Arbeit kann man nun sparen, wenn man die Ordinate des aufgerundeten und des nicht aufgerundeten Halbmessers R für die Abszisse $\frac{1}{2}(z+2t_1+2t_2)$ berechnet und die Verschiebung f um den Unterschiedsbetrag dieser Ordinaten verbessert, und zwar durch Verkleinerung, wenn aufgerundet, durch Vergrößerung, wenn abgerundet wurde. Die Ordinaten berechnet man aus der Evolventengleichung $\frac{x^2}{2r} = y$, da der Unterschied der Evolventen mit starker Annäherung gleich dem der Kreisordinaten ist. Eine Neuberechnung des Halbmessers R mit dem verbesserten Werte f erübrigt sich, weil allenfalls sich ergebende Abweichungen von der gewählten Größe R für die Genauigkeit der Absteckung bedeutungslos sind. Die Größe $\frac{1}{2}(z+2t_1+2t_2)$ stellt annähernd die halbe Länge des Bogens R dar.

Beispiel: Gegeben $r_1 = 1700$ m
$r_2 = 700$ m
$z = 120$ m
$f = 1{,}70$ m.

Die Bögen r_1 und r_2 seien so lange, daß nach Einlegung des flachen Bogens genügend lange vollüberhöhte Bogenstücke verbleiben.

a) Berechnung des Halbmessers R.

Nach Gl. 3) und Gl. 4) ist

$$R = r_1 + \frac{f}{\sin\alpha\,\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} = r_2 + \frac{f}{\sin\beta\,\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} \quad \text{und}$$

noch Gl. 5) und Gl. 6)

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \frac{f}{\frac{z}{2} - \frac{r_1 - r_2}{z}.f} = \frac{1{,}70}{60 - \frac{1000}{120}1{,}70} = \frac{1{,}70}{45{,}83}$$

$$\operatorname{tg}\frac{\beta}{2} = \frac{f}{\frac{z}{2} + \frac{r_1 - r_2}{z}.f} = \frac{1{,}70}{60 + \frac{1000}{120}1{,}70} = \frac{1{,}70}{74{,}17}.$$

Daher ergibt die näherungsweise Berechnung von R aus den Gl. 7) und 8) mit dem Rechenschieber:

$$\text{Gl. 7)}\quad R = 1700 + \frac{45{,}83^2}{2.1{,}70} = 1700 + 618 = 2318\text{ m}$$

$$\text{Gl. 8)}\quad R = 700 + \frac{74{,}17^2}{2.1{,}70} = 700 + 1618 = 2318\text{ m}.$$

Die genaue Berechnung von R gestaltet sich wie folgt:

$$\begin{aligned}
\lg 1{,}70 &= 0{,}230\ 4489\\
\lg 45{,}8333 &= 1{,}661\ 1812\\
\lg\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} &= 8{,}569\ 2677\\
\frac{\alpha}{2} &= 2^0\ 7'\ 27{,}05''\\
\alpha &= 4^0\ 14'\ 54{,}1''\\
\lg\sin\alpha\,\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} &= \begin{matrix}8{,}569\ 2677\\ 8{,}869\ 7007\\ \hline 17{,}438\ 9684\end{matrix}\\
\lg\frac{f}{\sin\alpha\,\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} &= \begin{matrix}0{,}230\ 4489\\ 17{,}438\ 9684\\ \hline 2{,}791\ 4805\end{matrix}\\
\frac{f}{\sin\alpha\,\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} &= 618{,}70.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\lg 1{,}70 &= 0{,}230\ 4489\\
\lg 74{,}1667 &= 1{,}870\ 2090\\
\lg\operatorname{tg}\frac{\beta}{2} &= 8{,}360\ 2399\\
\frac{\beta}{2} &= 1^0\ 18'\ 47{,}04''\\
\beta &= 2^0\ 37'\ 34{,}08''\\
\lg\sin\beta\,\operatorname{tg}\frac{\beta}{2} &= \begin{matrix}8{,}661\ 0419\\ 8{,}360\ 2399\\ \hline 17{,}021\ 2818\end{matrix}\\
\lg\frac{f}{\sin\beta\,\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} &= \begin{matrix}0{,}230\ 4489\\ 17{,}021\ 2818\\ \hline 3{,}209\ 2671\end{matrix}\\
\frac{f}{\sin\beta\,\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} &= 1618{,}70.
\end{aligned}$$

Somit ist

$$R = r_1 + \frac{f}{\sin\alpha\,\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} \quad \text{oder} \quad R = r_2 + \frac{f}{\sin\beta\,\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}}$$

$R = 1700 + 618{,}70 = 2318{,}70$ m $\quad R = 700 + 1618{,}70 = 2318{,}70$ m

b) Aufrundung des Halbmessers R und Berechnung der zugehörigen Verschiebung f.

Zur Veranschaulichung des Aufrundungsverfahrens sei R um einen größeren Betrag auf $R = 2400$ m aufgerundet, statt auf $R = 2300$ abgerundet.

Der Bogen hat rund die Länge $a = z + 2t_1 + 2t_2$. Die Ordinaten (=Evolventen) für die halbe Länge als Abszissen von der Länge $a = \frac{z + 2r_1\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} + 2r_2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}}{2}$ betragen dann $\frac{a^2}{2r_1}$ und $\frac{a^2}{2r_2}$. Der Wert a ergibt sich mit dem Rechenschieber zu

$a = \frac{1}{2}(120 + 2.1700.0{,}037094 + 2.700.0{,}02292) = 136{,}14$ m

(siehe oben die Werte für $\lg\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$ und $\lg\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}$, die hier verwendet sind!)

Als Ordinatendifferenz erhält man

$$\frac{136{,}14^2}{4637{,}16} - \frac{136{,}14^2}{4800} = 3{,}99 - 3{,}86 = 0{,}13\text{ m},$$

auch sie kann mit dem Rechenschieber berechnet werden, zumal der Wert a nur angenähert richtig ist.

Da der Halbmesser aufgerundet, also größer gewählt wurde, wäre die anfangs gewählte Verschiebung $f = 1{,}70$ m um 0,13 m zu verkürzen, weil der flachere Bogen den geringeren Stich hat. Die Absteckung kann nunmehr mit den Werten

$$f = 1{,}70 - 0{,}13 = 1{,}57\text{ m}$$

$$\text{und}\quad t_1 = r_1\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

sowie $t_2 = r_2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}$ durchgeführt werden. Die Winkelgrößen $\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$ und $\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}$ sind vorher nach Gl. 5) und 6) neu zu berechnen.

c) Die Neuberechnung von R erübrigt sich, sie soll aber hier zur Prüfung des Ergebnisses durchgeführt werden:

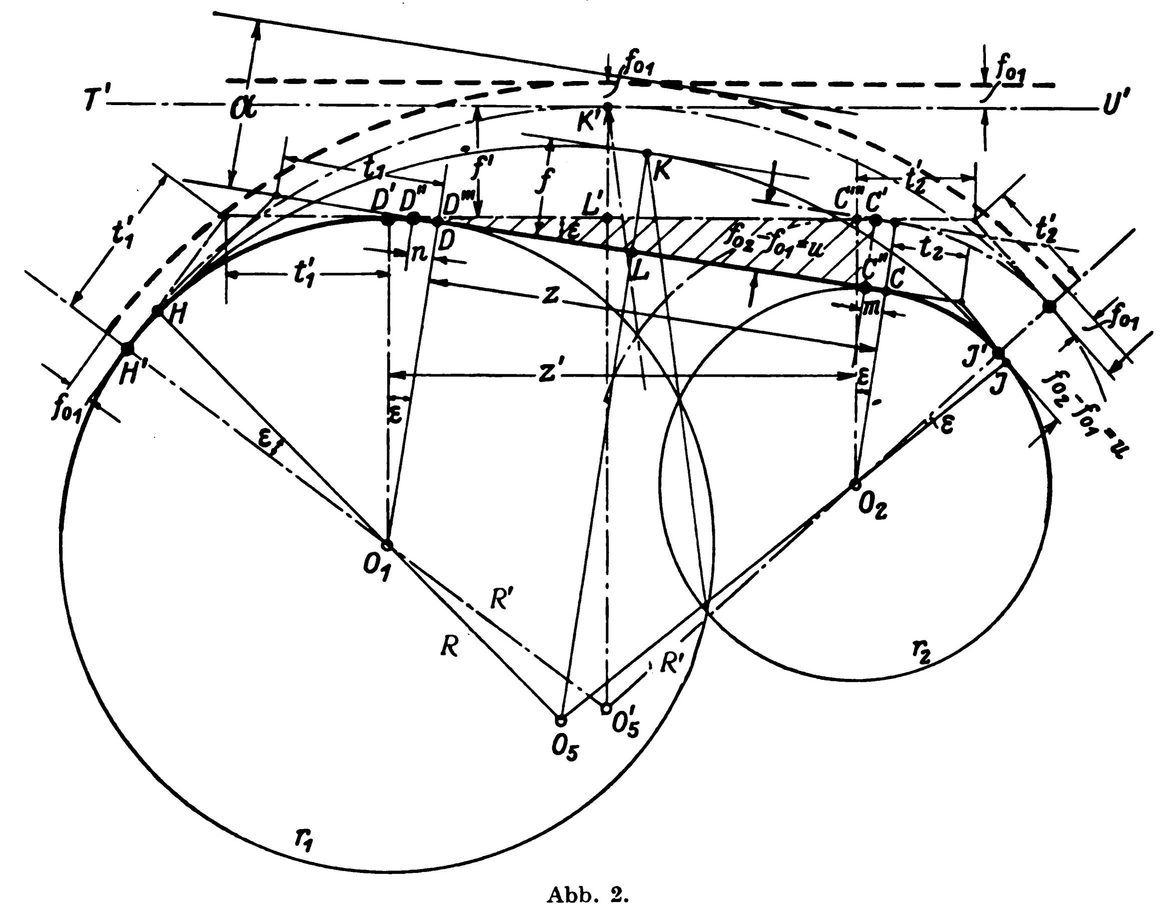


Abb. 2.

$$\text{Es ist } \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \frac{1{,}57}{60 - \frac{1000}{120} \cdot 1{,}57} = \frac{1{,}57}{60 - 13{,}08}$$

$$\lg 1{,}57 = 0{,}195\ 8997$$
$$\lg 46{,}92 = 1{,}671\ 3580$$
$$\lg \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = 8{,}524\ 5417$$
$$\frac{\alpha}{2} = 1^0\ 54'\ 59''$$
$$\alpha = 3^0\ 49'\ 58''$$
$$\lg \sin\alpha \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = 8{,}524\ 5417$$
$$8{,}825\ 0671$$
$$17{,}349\ 6088$$
$$\lg \frac{f}{\sin\alpha \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} = \begin{array}{r} 0{,}195\ 8997 \\ 17{,}349\ 6088 \\ \hline 2{,}846\ 2909 \end{array}$$
$$\frac{f}{\sin\alpha \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} = 701{,}93$$

daher $R = 1700 + 701{,}93 =$ rund 2400 m wie bei b).

2. Anwendung des Verfahrens unter Berücksichtigung von Bogenverschiebungen bei Einlegung von Übergangsbögen.

Die Untersuchung der vorliegenden Aufgabe wäre nicht vollständig, wenn die Einlegung von Übergangsbögen zwischen dem flachen Bogen und den anschließenden schärfer gekrümmten, soweit die Berechnung und Absteckung des flachen Bogens in Frage kommt, nicht mitbehandelt würde*).

Die Einschaltung von Übergangsbögen bedingt in den Kreisberührungspunkten H und J der Abb. 1 Parallelverschiebungen des flachen Bogens R unter Beibehaltung der Tangentenrichtung nach außen, und zwar um die Maße

$$f_{o1} = \frac{l_{o1}^2}{24} \cdot \frac{R - r_1}{R\, r_1} \quad \ldots\ldots \quad 11)$$

$$f_{o2} = \frac{l_{o2}^2}{24} \cdot \frac{R - r_2}{R\, r_2} \quad \ldots\ldots \quad 12)$$

Die Längen l_o sind bestimmbar aus dem Rampenneigungsverhältnis, mit dem die Überhöhungsunterschiede in den Krümmungen überwunden werden müssen. Sie greifen je zur Hälfte in den Bereich der Kreise R und r_1 sowie R und r_2 ein.

Wenn die Kreise r_1 und r_2 im Halbmesser gleich sind, werden auch die Verschiebungen f_o gleich, so daß der Kreis mit dem Halbmesser $R + f_o$ die Verschiebungsbedingungen mathematisch genau erfüllen würde. Annähernd, und mit dem gleichen praktischen Ergebnis, tut dies auch der nebst seiner Tangente TU (der Absteckungsgeraden) um das Maß f_o nach außen verschobene Kreisbogen R. Auf diese einfache Lösung können daher alle Fälle zurückgeführt werden, wenn man die kleinere Verschiebung f_{o1} gleich der größeren f_{o2} macht. Dies ist bei nicht wesentlich verschiedenen Halbmessern r_1 und r_2 meist möglich und gleichbedeutend mit einer Verflachung der Überhöhungsrampe für den größeren Bogen r_1. Die Länge der Rampe l_{o1} berechnet sich in diesem Falle aus den Gl. 11) und 12) zu

*) Über die Berechnung und Absteckung der Übergangsbögen in Korbbögen wird vom Verfasser demnächst im Organ ein Aufsatz erscheinen.

$$l_{o1} = \sqrt{f_{o2} \frac{24\,R\,r_1}{R - r_1}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 13)$$

Die endgültige Lage eines derart berechneten flachen Bogens ist in Abb. 1 gestrichelt dargestellt.

Von der Vergrößerung der Verschiebung f_{o1} auf f_{o2} muß man nun absehen, wenn l_{o1} so lang würde, daß ein längeres voll überhöhtes Stück des flachen Bogens nicht mehr verbliebe, oder wenn dies der verfügbare Platz wegen Vergrößerung des Gesamtabstandes $\mathfrak{A}$ des flachen Bogens von der Zwischengeraden z nicht zuließe.

Man verschwenkt dann die Zwischengerade z nach Abb. 2 in die Lage z' derart, daß C'C'' gleich dem Unterschiedsbetrag $f_{o2} - f_{o1} = u$ wird. Die Gerade z' berührt dann die Kreise mit den Halbmessern r_1 und $r_2 + u$ in den Punkten D' und C''' und da u im Verhältnis zur Größe von r_2 vernachlässigt werden kann, wird mit genügender Annäherung $z' = z$, $R' = R$ und $f' = f$. Weiter ist die neue Lage des Bogens $R' = R$ zur Zwischengeraden z' die gleiche, wie vor der Verschwenkung zur Geraden z. Wenn daher z' abgesteckt werden kann, bereitet die Absteckung des flachen Bogens keine Schwierigkeiten; die Absteckgerade ist die Tangente T'U' in Punkt K' des flachen Bogens. Die Lage der Geraden z' ergibt sich mit ausreichender Genauigkeit aus:

$$\overline{DD''} = \frac{u}{2}\frac{r_1}{z} = n, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 14)$$

$$\overline{CC''} = \frac{u}{2}\frac{r_2}{z} = m \text{ (wo } r_2 = r_2 + u \text{ gesetzt ist)} \quad . \quad 15)$$

$$\text{und } \overline{C''C'} = u = f_{o2} - f_{o1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 16)$$

Die Punkte D'', D, C'' und C liegen auf der Geraden z.

Für die Absteckung der neuen Kreisberührungspunkte H' und J', in denen zur Einlegung der Übergangsbögen die Parallelverschiebung der Tangenten um die Maße f_{o1} und f_{o2} vorgenommen werden muß, gilt folgendes:

Bei der Verschwenkung der Geraden z um den Winkel $C''D''C' = \varepsilon$ ist H nach H' und J nach J' um annähernd den gleichen Winkelbetrag verschwenkt worden. Es bleibt daher

$$t_1' = t_1 = r_1 \,.\, \mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 17)$$

und

$$t_2' = t_2 = r_2 \,.\, \mathrm{tg}\,\frac{\beta}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 18)$$

wobei t_1' und t_2' von den Berührungspunkten der Zwischengeraden z' mit den Kreisen r_1 und $r_2 + u$, also von den Punkten D' und C''' aus zu messen sind und

$$\overline{D''D'} = \frac{u}{2}\frac{r_1}{z}$$

$$\text{sowie } \overline{C'C'''} = \frac{u}{2}\frac{r_2}{z} \text{ ist.}$$

Eine Prüfung der Absteckung ergibt sich daraus, daß t_1' an der Stelle H' den Kreis r_1 berühren und t_2' an der Stelle J' vom Kreis r_2 den Abstand u haben muß, wenn man die Richtung von t_1' und t_2' mit Hilfe der Winkel α und β absteckt.

Das beschriebene Verfahren ist mathematisch zwar nicht genau, aber zur Erzielung eines einfachen Arbeitsvorganges bei der Absteckung und mit Rücksicht auf die beim Abstecken zu erreichende Genauigkeit ohne weiteres zulässig. Im übrigen enthält Abb. 2 und 1 alle geometrischen Beziehungen die gegebenenfalls für eine genaue Berechnung nach Ziff. 1 der Abhandlung erforderlich wären. Eine genaue Berechnung wird immer notwendig sein, wenn die Zwischengerade verhältnismäßig kurz ist.

Der Bogen R wäre nun noch um das Maß f_{o1} parallel nach außen zu verschieben. Bei Punkt H' und J' entstehen dadurch die vorzusehenden Verschiebungen f_{o1} und $u + f_{o1} = f_{o2}$. Die endgültige Lage des verschwenkten flachen Bogens ist in Abb. 2 gestrichelt dargestellt.

Damit ist die Aufgabe gelöst. Es folgt daraus, daß bei Bemessung der Verschiebungsgrößen f, die Bogenverschiebungen f_{o1} und f_{o2} für die Einlegung von Übergangsbögen gleich mitberücksichtigt werden müssen. Die Maße f, f_{o1} und f_{o2} sind voneinander abhängig; man bestimmt daher f schätzungsweise und wendet nacheinander die Gleichungen 7, 11 und 12 an. Bedeutet dann $\mathfrak{A}$ die zulässige Gesamtverschiebung der Zwischengeraden z unter Berücksichtigung etwa bei Punkt D und C der Abb. 1 und 2 vorhandener Bogenverschiebungen, so ergibt sich aus den nachstehenden Bedingungen, ob die Größe f richtig gewählt wurde:

$$f + f_{o2} \leq \mathfrak{A} \text{ (ohne Verschwenkung von z)} \quad . \quad . \quad 19)$$

und (annähernd)

$$\frac{f_{o2} - f_{o1}}{2} + f + f_{o1} = \frac{u}{2} + f + f_{o1} \leq \mathfrak{A} \text{ (mit „ ")} \quad . \quad 20)$$

Bei dem oben durchgerechneten Beispiel müßte es angängig sein, die nachstehend berechneten Verschiebungen durchzuführen:

Wählt man $1 : n = 1 : 1050$

für $r = 100$ km/h, so ist

$h_R = 35$ mm

$h_{r1} = 47$ „

und $h_{r2} = 115$ „

$$\text{daher } l_{o1} = \frac{(47 - 35) \,.\, 1050}{1000} = 12{,}7 \text{ m} = \text{rund } 20 \text{ m},$$

$$l_{o2} = \frac{(115 - 47) \,.\, 1050}{1000} = 71{,}3 \text{ m} = \text{rund } 80,$$

$$\text{daher } f_{o1} = \frac{20^2}{24} \,.\, \frac{2400 - 1700}{2400 \,.\, 1700} = 0{,}030 \text{ m},$$

$$f_{o2} = \frac{80^2}{24} \,.\, \frac{2400 - 700}{3400 \,.\, 700} = 0{,}282 \text{ m}$$

und die notwendigen Verschiebungen ergeben sich, da $f = 1{,}57$ war, zu:

ohne Verschwenkung von z: $\mathfrak{A} = 1{,}57 + 0{,}28 =$ rund 1,85 m,

mit Verschwenkung von z: $\mathfrak{A} = \frac{0{,}282 - 0{,}03}{2} + 1{,}57 + 0{,}03 =$ rund 1,73 m.

3. Der Anwendungsbereich flacher Bögen.

Das Bedürfnis kurze Zwischengerade durch Bögen zu ersetzen tritt um so stärker auf, je kürzer die Zwischengeraden sind, weil mit fortschreitender Verkürzung dieser Geraden die Ausbildung der Gleise hinsichtlich Übergangsbögen und Überhöhungsrampen immer mangelhafter wird.

Eine allgemeine Regel für die Verbesserung solcher Gleisstellen läßt sich nicht aufstellen. Je nach Umständen kommt neben der in § 10,2 der Obw. empfohlenen Herstellung eines dreimittigen Bogens durch Verbindung der Bögen mit einem flachen Bogen auch deren Ersatz durch einen einheitlichen einmittigen Bogen oder durch einen zweimittigen Korbbogen in Frage. Über die Zweckmäßigkeit einer dieser Lösungen entscheiden die Größen r_1, r_2 und z in ihrem Verhältnis zu einander, die Längen der Bögen r_1 und r_2 oder die örtlichen Verschiebungsmöglichkeiten. Ein Vergleich der möglichen Lösungsarten läßt jeweils die wirtschaftlich beste Lösung erkennen.

Aus Abb. 1 erkennt man, daß unter allen „flachen" Bögen, welche die Vollkreise r_1 und r_2 verbinden können, der Bogen den kleinsten Halbmesser hat, der die Kreise auf der Verbindungslinie ihrer Mittelpunkte in den Punkten

A und B berührt. Sein Halbmesser hat die Größe $R_{min} = \frac{1}{2}\left(r_1 + r_2 + \frac{z}{\cos . \varphi}\right) = \overline{O_3 A} = \overline{O_3 B} = \overline{O_3 E}$. Wenn man von den Bögen mit größeren Halbmessern und größeren Zentriwinkeln als 180^0 absieht, hat dieser Bogen unter allen Bögen mit den Halbmessern von $R = \infty$ bis $R = R_{min}$ die größte mögliche Länge und zwar im Betrage eines halben Kreisumfanges und den größten möglichen Abstand $f_{max} = \overline{FE} = \frac{z}{2} \cos \varphi$ von der Zwischengeraden z. Alle anderen Bögen haben geringere Entwicklungslängen und daher auch kleinere Abstände f. Es gilt daher allgemein mit Rücksicht auf praktisch vorkommende Fälle

$$\overline{LK} = f \leqq \frac{z}{2} \cos \varphi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 21)$$

und

$$\overline{LO_4} = x < \frac{z}{2} \sin \varphi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 22)$$

Darnach ist die größte Verschiebung f_{max} einerseits von der Größe der Zwischengeraden $\left(\frac{z}{2}\right)$; andererseits von der Größe des Winkels φ abhängig. Da dieser sich aber aus $\operatorname{tg} \varphi = \frac{r_1 - r_2}{z}$ berechnet, kann f_{max} je nach dem Verhältnis der Größen r_1, r_2 und z zueinander alle Werte von Null bis $\frac{z}{2}$ durchlaufen.

Aus der Feststellung des Abstandes f_{max} ergeben sich daher jeweils im Zusammenhange mit den Größen der verfügbaren Längen für die Kreisbögen r_1 und r_2 von vorneherein geometrische Beschränkungen d. h. größte mögliche Verschiebungen $f = \overline{LK}$ durch Schätzung, bei der es in der Hauptsache auf einen Überblick ankommt.

Endet z. B. in Abb. 1 der Bogen r_1 in Punkt H und der Bogen r_2 in Punkt J, so ist $f = \overline{LK}$ gleichzeitig die größte mögliche Verschiebung und der Bogen mit Halbmesser R der Bogen mit einheitlichem Halbmesser, der die Bögen r_1 und r_2 ersetzen kann. Endet aber der Bogen r_1 nicht in H sondern etwa unterhalb der Linie AB in Punkt V, der Bogen r_2 aber wie vor in Punkt J, so ist gleichwohl keine größere Verschiebung als $f = \overline{LK}$ möglich und es entsteht der Korbbogen JHV. Die gleiche Überlegung gilt für einen in Punkt H beginnenden flachen Bogen der in Punkt J endet und etwa bis Punkt W fortgesetzt wird. Möglich sind solche Lösungen dann, wenn sich f_{max} als sehr klein (d. h. klein im Sinne einer wirtschaftlich vertretbaren Verschiebung) ergibt und daher auch der größte Abstand $f = \overline{LK}$ von der Zwischengeraden sehr klein wird, wenn die Halbmesser der Bögen r_1 und r_2 nicht zu sehr verschieden sind und die Bogenlängen entsprechende Längenverhältnisse haben. Man berechnet in diesen Fällen aus Gl. 5) unter der Annahme, daß der Zentriwinkel des Bogens r_1 der Winkel α ist, die Größe f und mit f aus Gl. 6) den Winkel β; dann wiederholt man die Berechnung beginnend mit Gl. 6) und der Annahme, daß der Zentriwinkel des Bogens r_2 der Winkel β ist. Die beiden Berechnungen sind mit dem Rechenschieber rasch durchgeführt. Sie geben darüber Aufschluß, ob ein einheitlicher Bogen, gegebenenfalls nach nochmaliger Verschiebung oder nach Abänderung des Halbmessers eingelegt werden kann oder ob ein Korbbogen zweckmäßiger ist.

Sind die Halbmesser wesentlich verschieden, ebenfalls aber f_{max} sehr klein, so umschließen alle „flachen" Bögen mit ihrem wesentlich größeren Teil den Bogen mit dem größeren Halbmesser r_1, während sie den Bogen r_2 annähernd in Punkt C berühren, da Punkt J ganz nahe an Punkt C heranrückt. Der Grund liegt darin, daß in solchen Fällen x_{max} nahezu gleich $\frac{z}{2}$ und daher der Winkel β sehr klein wird. Die gegebene Lösung ist in diesem Falle die Umwandlung der Bögen r_1 und r_2 in einen zweimittigen Korbbogen durch Vergrößerung der Halbmesser r_1 und r_2 oder nur eines von ihnen derart, daß die Zwischengerade verschwindet. Im Falle des einmittigen und zweimittigen Bogens dienen also die abgeleiteten Formeln in der Hauptsache für die notwendigen und wichtigen Voruntersuchungen. Von Vorteil ist in allen Fällen die vorherige Bestimmung der Größtverschiebung f_{max} um einen Überblick über die Entwurfsmöglichkeiten zu erhalten.

Daß bei allen Lösungen auch eine möglichst günstige Verteilung von vollüberhöhten Bogenstücken und Übergangsbögen anzustreben ist, ist selbstverständlich, erschwert aber die Aufgaben oft ungemein. Daß mitunter wegen zu hoher Kosten befriedigende Lösungen überhaupt nicht gefunden wurden, kann nicht überraschen; darauf deutet allein schon der bisherige Fortbestand kurzer Zwischengeraden.

Vorstehende Untersuchungen sollen darlegen, daß es möglich ist eine Aufgabe hinsichtlich der verschiedenen Lösungsmöglichkeiten schon nach einigen kurzen Berechnungen völlig zu überblicken und ferner beweisen, daß selbst bei zielgerechter Berechnung manche Feinarbeit zu leisten ist, die durch zeichnerische Entwürfe mit nachträglicher Berechnung bei Wahrung wirtschaftlichen Arbeitens unmöglich bewältigt werden kann.

Die deutschen 2 C 1-Heißdampf-Drilling-Schnellzuglokomotiven der kön. Siamesischen Staatsbahnen.

Von Dr.-Ing. **Kurt Ewald.**

Hierzu Tafel 16.

Siam ist eines derjenigen glücklichen Länder, die ihre Blütezeit noch vor sich haben. Weite Gebiete harren ihrer Aufschließung durch die Eisenbahn. Wie groß der Mangel an Eisenbahnstrecken ist, geht daraus hervor, daß im März 1926 für das ganze Reich von etwa 512 000 Quadratkilometern nur 2581 km betriebene Strecken zur Verfügung standen*). Man bemüht sich mit allen Mitteln, das Netz zu erweitern: Zum Berichtszeitpunkt waren 497 km, das sind 19,3 v. H. der seitherigen Streckenlänge im Bau, weitere 3097 km waren genehmigt. Kennzeichnend ist das Bestreben der Verwaltung, die Bahnen zu einem neuzeitlichen Verkehrsmittel auszubauen, welches denen anderer Länder weder in wirtschaftlicher noch in technischer Hinsicht nachsteht: Das Haupthindernis einer wirtschaftlichen Betriebsführung, die in der geschichtlichen Entwickelung begründete Verschiedenheit der Spurweite, wird beseitigt. Die im Norden und Osten vorherrschende Regelspur wird nach und nach zugunsten der Meterspur verlassen, die man in Rücksicht auf den Durchgangsverkehr nach Britisch Malaya als Einheitsspur angenommen hat†).

*) Siehe: Government of Siam. Twenty-ninth annual report on the administration of the Royal State Railways for the year Buddhist era 2468 (April 1st 1925 to March 31st 1926). — Ferner: The Siamese state railways and its locomotives. „The Locomotive", März 1928, S. 84.

†) Siehe Fußnote *) „The Locomotive". Unter den meterspurigen Lokomotiven befinden sich solche, die ursprünglich auf regelspurigen Strecken liefen und später umgebaut wurden.



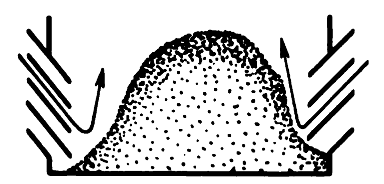
Im Berichtsjahr war bereits der größere Teil des Fahrzeugbestandes auf Meterspur eingestellt: Von 153 vorhandenen Lokomotiven 85, von 340 Personen- und Straßenbahnwagen 184, von 2427 Güter- und Gepäckwagen 1555. Einigen kurzen Strecken mit 600 mm Spurweite kommt nur untergeordnete Bedeutung zu. — Anfang 1926 war die Einführung der durchgehenden Luftsaugebremse für Personen- und Güterzüge auf den östlichen Linien vollendet. Diese für Schnellverkehr unumgängliche Voraussetzung dürfte inzwischen auf allen Strecken erfüllt sein. Man wird gleichermaßen für einen entsprechenden Wagenpark gesorgt haben: Im Berichtsjahre waren nur acht Drehgestell-Personenwagen vorhanden, jedoch schon weitere 20 Stück in Auftrag gegeben.

Die im vergangenen Jahre von der Hanomag, Hannover-Linden, gelieferten Lokomotiven (Textabb. 2 u. 3) gehören wohl zu den ersten, mit denen die Siamesischen Staatsbahnen ausgesprochene Schnellzüge zu befördern gedenken. Während sich bis vor einiger Zeit die Höchstgeschwindigkeit zwischen 40 und 50 km/Std. zu bewegen pflegte, wurde sie bei diesen Lokomotiven zu 75 km/Std. festgesetzt; für die bauliche Durchbildung wurde mit 85 km/Std. gerechnet.

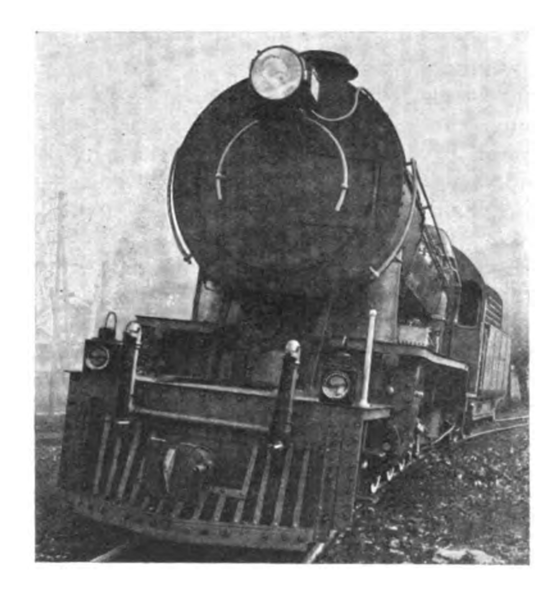
Die Hauptabmessungen der neuen Lokomotivgattung (s. Taf. 16) entsprechen einem Entwurf der Hanomag, der in Anlehnung an die Wünsche der Bahnverwaltung entstanden ist; offenbar sind die Erfahrungen, die mit den schon vorhandenen 2 C 1-Lokomotiven gemacht worden waren †), von entscheidendem Einfluß gewesen. In baulicher Hinsicht war der Hanomag fast völlige Freiheit zugestanden. Es wurden größtenteils deutsche Werkstoffe verwendet. Das Bestreben des Erbauers ging darauf hin, mit möglichst einfachen Mitteln leistungsfähigste und gerade wegen ihrer Einfachheit um so betriebstüchtigere Lokomotiven zu schaffen. Jede unnötige Verwicklung, wie man sie neuerdings manchenorts bevorzugt, wurde vermieden.

Als Brennstoff dient ausschließlich Holz von 4200 bis 4400 WE. Die kupferne Feuerbuchse ist daher außerordentlich tief und geräumig ausgebildet. Die Stehkesselvorderwand ist zwecks besserer Gewichtsverteilung stark nach vorn geneigt. Das Verhältnis von Überhitzerheizfläche zu wasserverdampfender Heizfläche wurde auf Anraten der Hanomag zu etwa $\frac{1}{3}$ gewählt; die Bedingungen sahen ursprünglich in Anlehnung an amerikanische Gepflogenheiten den Wert $\frac{1}{6}$ vor, der wohl eine langanhaltende Überlastung der Lokomotive ermöglicht, den Überhitzer aber zu einer Art Dampftrockner herabwürdigt. Die Rauchkammer wurde auf Wunsch der Bahn überhöht ausgeführt. Der Rauchkammerboden mußte in Rücksicht auf den Schieberraum des Innenzylinders abgeflacht werden. Der Aschkasten ließ sich nur mit sehr geringer Tiefe ausführen. Um trotz der hieraus sich ergebenden kleinen Luftklappenquerschnitte eine genügende Luftzufuhr zu ermöglichen, wurde ein Teil der Aschkastenseitenwände in fächerartige Schlitze aufgelöst, deren Anordnung ein Herausfallen der Asche verhindert (Textabb. 1). Diese Maßnahme mag im Verein mit der günstigen Bemessung von Blasrohr und Schornstein das im Betrieb beobachtete ausgezeichnete Dampfhalten des Kessels wesentlich erleichtert haben.

Die Drillingsanordnung wurde wegen des ruhigen Laufes und der Schonung des Oberbaues der Zweizylinderbauart vorgezogen. Die Kurbeln sind um 120° gegeneinander versetzt. Auf die Bemessung der Gegengewichte wurde besondere Sorgfalt verwendet. Der Erfolg zeigt, daß die neuen Siam-Lokomotiven in bezug auf Verminderung der störenden Bewegungen den rühmlich bekannten preußischen $S_{10}2$-Lokomotiven nicht nachstehen*). Die umlaufenden Massen wurden vollständig ausgeglichen, die hin- und hergehenden der äußeren Triebwerke zu 50%, diejenigen des Innentriebwerkes zu 37 %.


Abb. 1. Skizze zum Aschkasten.

Die Ermittlung der Größe und der Lage der Gegengewichte erfolgte nach Najork**). Dieses Verfahren hat neben einer allerdings nicht erheblichen Verminderung des tatsächlichen Ausgleichgewichtes den konstruktiv höchst willkommenen Vorzug, daß die Winkelneigung des Gegengewichtes von vornherein unabhängig von seiner tatsächlichen Größe mit 30° gegeben ist. Infolge des mildernden Einflusses der Hubscheibe für die Innensteuerung konnte das rechte Gegengewicht des Treibradsatzes um 20 kg leichter ausgeführt werden als das linke. Die größte freie Fliehkraft beträgt bei der vereinbarten Höchstgeschwindigkeit von 75 km/Std. etwa 19,45 v. H. des ruhenden Raddruckes. Bekanntlich gehen fremde Bahnverwaltungen unbedenklich über die in unseren „Technischen Vereinbarungen" empfohlene Grenze von 15 v. H. hinaus — vielfach bis zu 35 v. H. Hält man 15 v. H. ein, so würde sich die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 68,5 km/Std. verringern.


Abb. 2. Stirnansicht.

Das innere Triebwerk ist um 1:9,15 gegen die Wagrechte geneigt. Dennoch mußte die Welle der vorderen Kuppelachse leicht durchgeknöpft werden. Sie wurde gleich der gekröpften Treibachswelle aus Nickelstahl hergestellt. Die innere Steuerung arbeitet unabhängig von den Außensteuerungen.

†) Siehe Fußnote *) S. 278 „Report"
5 Stück Zwillinglok. von Batignolles, 500 Zyl.-⌀, 600 Hub,
4 „ Drillinglok. „ Baldwin, 3×381 Zyl.-⌀, 508 Hub,
3 „ Zwillinglok. „ „ 432 Zyl.-⌀, 610 Hub.
Ferner: Recent locomotives for the Royal State Rys. of Siam, „The Locomotive", Februar 1929, S. 41. Die auf S. 45 dieser Quelle gebrachte Angabe, daß die Siamesischen Staatsbahnen 8 Drilling-2 C 1-Lokomotiven bei Baldwin und 15 der gleichen Type bei der Hanomag bestellt haben, beruht offensichtlich auf einem Irrtum. Die Hanomag-Lokomotive ist ohne eine Anlehnung an die amerikanische Schwester als Neukonstruktion durchgebildet worden.

*) Die Schlingermomente und freien Massenkräfte der S_{10}^2-Lokomotive sind unter der in Fußnote **) genannten Quelle dargestellt.

**) Najork: Gegengewichtsberechnung einer Dreizylinder-Lokomotive mit um 120° versetzten Kurbeln. „Glasers Annalen" 1915, Nr. 920, S. 149.

Ihre Schwingenstange wird von einer auf der Treibachse sitzenden Hubscheibe angetrieben (siehe Textabb. 5). Es sind daher die Unregelmäßigkeiten in der Bewegung des inneren Schiebers ausgeschlossen, die sich bei der Ableitung der Schieberbewegung von den äußeren Steuerungen*) oder beim Antrieb der Schwingenstange von einem Kuppelradsatz aus**) ergeben haben. Die Triebwerks- und Steuerungsteile wurden so leicht wie möglich gehalten. Das Gestänge ist lang gestreckt angeordnet, die Schwingenkrümmungen konnten daher ziemlich flach verlaufen. Die Steuerungsschaubilder stimmen fast völlig überein. Alle drei Dampfmaschinen weisen gleiche Kolben, Kolbenstangen, Kreuzköpfe, Lenker, Lenkerstangen, Kolbenschieber, Schieberstangenführungen, Schwingen und Gleitbahnen sowie Übereinstimmung in den Treibstangen- und Schwingenstangenlängen auf. Sie unterscheiden sich nur in den Längen der Hängeeisen und der gabelförmigen Schieberschubstangenenden. Diese sind so zueinander abgestimmt, daß trotz des gemeinsamen Antriebes von einer Steuerwelle aus die drei Steuerungen mit gleichen Füllungen arbeiten. Der Kolbenschieberdurchmesser beträgt 200 mm, die Einströmdeckung 30 mm, die Ausströmdeckung 2 mm, die Kanalbreite 40 mm. Höchstfüllung etwa 80%. Die Zylinder weisen Doppelwandungen auf, so daß das Abkühlen heißer Flächen durch Ausströmdampf aufs Äußerste beschränkt wird.

Die räumliche Unmöglichkeit, am mittleren Zylinder einen Druckausgleicher üblicher Bauart anzubringen, gab Veranlassung zur Anwendung von Druckausgleich-Kolbenschiebern nach Trofimoff***), die ihre Brauchbarkeit bereits in Rußland, Österreich und der Tschechoslowakei erwiesen haben. Der Kolbenschieberkörper besteht aus zwei Teilen: einer auf der Schieberstange festsitzenden kreisrunden Platte und dem eigentlichen, die Dichtungsringe tragenden Kolbenkörper, der in Richtung der Schieberachse frei beweglich ist. Ist der Regler geöffnet, so drückt der Einströmdampf die losen Kolbenkörper auf die fest auf der Schieberstange sitzenden Platten: Das Ganze wirkt wie ein üblicher Kolbenschieber mit einfacher, innerer Einströmung. Wird der Regler geschlossen, so fällt der innere Überdruck zwischen den Schiebern fort. Die losen Körper bleiben infolge der Spannung der Ringe in der Totlage nahe Zylindermitte stehen, zum mindesten wird die in ihnen enthaltene Massenkraft sie nur wenig über diesen Totpunkt hinaus zu bewegen vermögen. Schieberstange und feste Scheiben streifen sich von den losen Körpern ab. Sie bewegen sich entsprechend dem Antrieb durch die äußere Steuerung hin und her, ohne daß die Kanalquerschnitte auch nur teilweise überdeckt oder gar ganz geschlossen werden. Über die vollen Kanalquerschnitte hinweg ist jetzt eine Verbindung zwischen den beiden Kolbenräumen geschaffen: Es ist ein vollkommener Druckausgleich vorhanden. Damit beim Wiedereinströmen des Dampfes die losen Körper sich auf die festsitzenden Platten sanft aufsetzen, ist die Einrichtung getroffen, daß sich kurz vor dem Anschlagen ein Puffer aus Dampf-Luftgemisch bildet, das sich durch zweckentsprechend angeordnete Nuten nach und nach verflüchtigt. — Wie man erkennt, ist der Trofimoff-Schieber eng verwandt mit dem deutschen Nicolai-Schieber †). Der grundsätzliche Unterschied zwischen beiden besteht nur darin, daß Trofimoff die Nicolaische Feder, die eine nur kurze Lebensdauer aufzuweisen pflegte, durch die Spannung des Einströmdampfes ersetzt hat. Die beiden überragenden Vorzüge des Trofimoff-Schiebers sind:

1. Vollständiger Druckausgleich ohne jegliche Leerlaufarbeit, da die Dampfkanäle bei Leerlauf niemals überdeckt oder überschliffen werden.
2. Geringe Abnutzung des Steuerungsgetriebes, da Steuerung bei Leerlauf zweckmäßigerweise auf Mitte gelegt wird.

Der Erfolg des Trofimoff-Schiebers hängt stark von dem Einfühlen des Führers in die Handhabung der Steuerung ab. Allgemein gültige Regeln für das Verhalten in den „gefährlichen" Augenblicken — Schließen und Wiederöffnen des Reglers — scheinen sich nicht aufstellen zu lassen.

Die Siamesischen Staatsbahnen haben bisher gute Erfahrungen mit diesem neuartigen Druckausgleicher gemacht. — Bei Verwendung von Trofimoff-Schiebern sind Luftsaugeventile entbehrlich. Im vorliegenden Falle waren sie schon vorgesehen, ehe man sich zu einem Versuch mit den neuen Schiebern entschloß.

Der Lokomotivrahmen setzt sich aus verschiedenen Teilen zusammen. Im Bereich der Kuppelachsen sind auf Wunsch der Bahn 28 mm starke Hauptrahmenplatten verwendet. Nach vorn schließen sich 80 mm starke Barren an, die man dem Plattenrahmen wegen der besseren Zugänglichkeit zum Innentriebwerk vorzog. Um beim Anheben der Lokomotive die Biegungsbeanspruchung der Barren in mäßigen Grenzen zu halten, wurde der vordere Rahmenteil durch kräftige Rauchkammerstützen abgefangen. Die Verbindung zwischen Platten- und Barrenrahmen ist in Anlehnung an die Ausführung der preußischen S_9- und S_{10}-Lokomotiven durchgebildet*). Der Hinterrahmen mußte wegen der außerordentlich tief herabreichenden Feuerbüchse um den Stehkessel herumgeführt werden. Den Übergang von dem zwischen den Rädern liegenden Hauptrahmen zu dem weit ausladenden, aus 20 mm starken Blechen bestehenden Hinterrahmen bildet ein sofaförmiges Stahlgußstück, welches zweifellos als der konstruktiv schwierigste Teil der Lokomotive anzusehen ist; es hat zu keinerlei Beanstandungen Veranlassung gegeben. Die Hinterrahmenbleche, die gleichzeitig die seitlichen Stehkesselträger aufnehmen, werden zwar hauptsächlich auf Zug beansprucht. Um sie aber auch gegen Druck- und Stoßkräfte beim Schieben oder gegen Biegungsbeanspruchungen beim Kurvenfahren zu sichern, versah man sie mit flossenförmigen Versteifungen (Textabb. 4). Auch das Laufblech wurde zur Erhöhung des Widerstandsmomentes herangezogen; es wurde vor dem Stehkessel auf die Ebene der Hinterrahmenoberkante herabgeführt. Den hinteren Abschluß des Rahmens bildet ein kräftiges Stahlgußstück, welches die nach preußischem Vorbild gestaltete Kupplung zwischen Lokomotive und Tender birgt. — Die starke Neigung der Stehkesselvorderwand allein konnte eine gute Verteilung der Achslasten nicht bewirken. Es wurde planmäßig ein wirksames Gegengewicht im vorderen Rahmenteil untergebracht, welches zum Teil organisch in die Pufferbohle hineinverlegt ist. Das Gegengewicht greift am äußersten Hebelarm an, man kommt also mit einem geringsten zusätzlichen Gewicht aus. Es ist grundsätzlich unzweckmäßig, einen derartigen Gewichtsausgleich durch stärkere Ausführung einzelner Teile erzielen zu wollen. Diese fallen schwerer und teurer aus als nötig, sind daher für andere Lokomotivgattungen kaum zu verwenden. Zudem ergibt sich ein entsprechend höheres Leergewicht der Lokomotive, abhängig von den jeweils kürzeren Schwerpunktabständen dieser Teile.

Die Lokomotiven mußten bei der Werkprobe eine Krümmung von 90 m Halbmesser durchfahren. Dieser Um-

---

*) Beispiele: S_{10}^2- und G_{12}-Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn (Preußen).

**) Beispiel: P_{10}-Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn (Preußen).

***) D. R. P. 445776. Die Hanomag besitzt das Ausführungsrecht für das Deutsche Reich. Ein zweiter Vorläufer des Trofimoff-Schiebers ist in der V. D. I.-Zeitschrift 1919, S. 788, Abb. 23 dargestellt. Diesem konnte kein Erfolg beschieden sein, da für ein stoßfreies Anschlagen der beweglichen Kolbenkörper beim Einlassen des Dampfes nicht gesorgt ist. — Siehe ferner Meinecke: Leerlaufeinrichtungen an Lokomotiven. Z. d. V. D. I. 1929, S. 726.

†) Siehe: „Die Lokomotive" 1928, Heft 12, S. 202.

*) Über S_9-Lokomotiven siehe Z. V. D. I. 1909, S. 730.

stand beeinflußte die Bestimmung der Seitenausschläge des Drehgestelles und der Lenkachse, die mit ± 77,5 mm bzw. ± 80 mm vorgesehen sind. Die schärfsten in Siam vorkommenden Krümmungen sind 145 m für Weichenbogen und 156 m auf freier Strecke. Bei größtem Seitenausschlag beträgt die Rückstellkraft des Drehgestells 3800 kg, diejenige der Lenkachse 1640 kg. Derart hohe Werte, bezogen auf den entsprechenden Achsdruck, sind in Deutschland nicht üblich. Der Konstrukteur wählte sie auf Grund der guten Erfahrungen welche die Südafrikanischen Bahnen mit hohen Rückstellkräften gemacht haben. Man rühmt ihnen Verringerung des Schlingerns, sanftes Einlaufen in Krümmungen und Schonung der Gleise nach.

Um die Mannschaft gut gegen strahlende Wärme zu schützen, ist die Führerhausvorderwand so weit wie möglich zurückgesetzt. Die Stehkesselbekleidung ragt nur 260 mm ins Führerhaus hinein. Dampfentnahmestutzen und Steuerschraube befinden sich außerhalb.

Der vierachsige Tender fällt durch die seitlichen Gitter und die rückwärtige Schutzwand zum Aufstapeln des Holzes auf. Die Drehgestelle erhielten Plattenrahmen, wie vorgeschrieben.

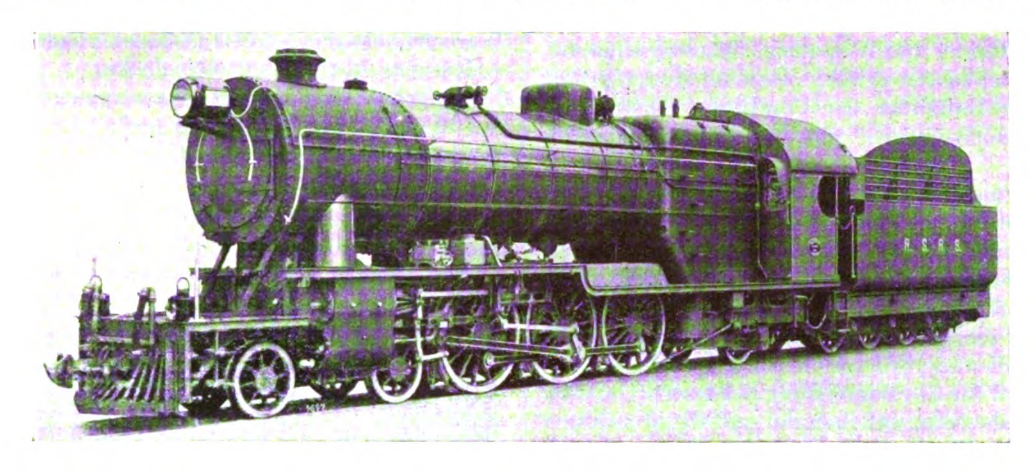


Abb. 3. 2 C 1 - Heißdampf - Drilling - Schnellzuglokomotive der Kgl. Siamesischen Staatsbahnen. Entworfen und gebaut 1928 von Hanomag, Hannover-Linden.

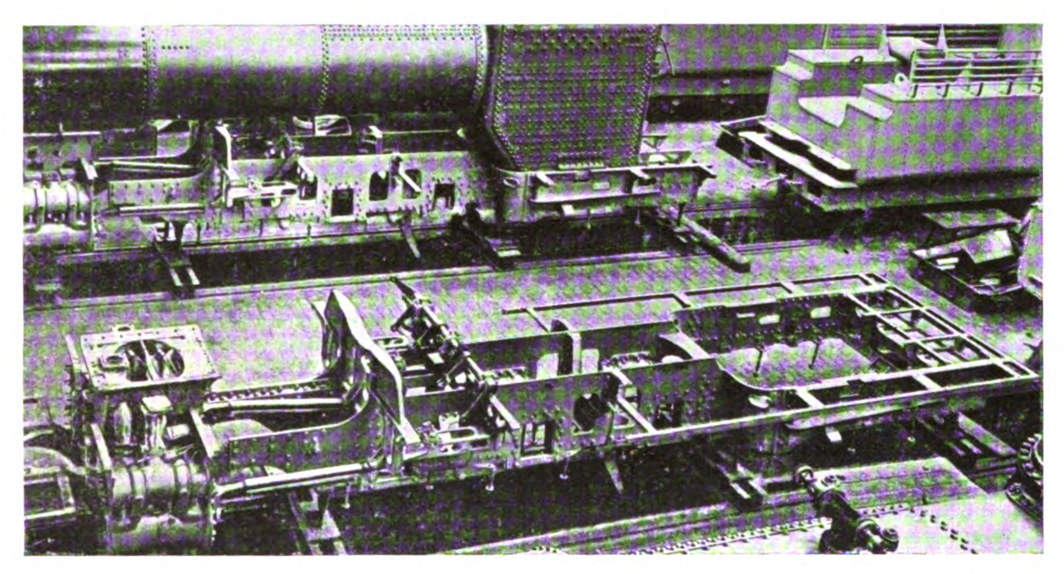


Abb. 4. Lokomotivrahmen.

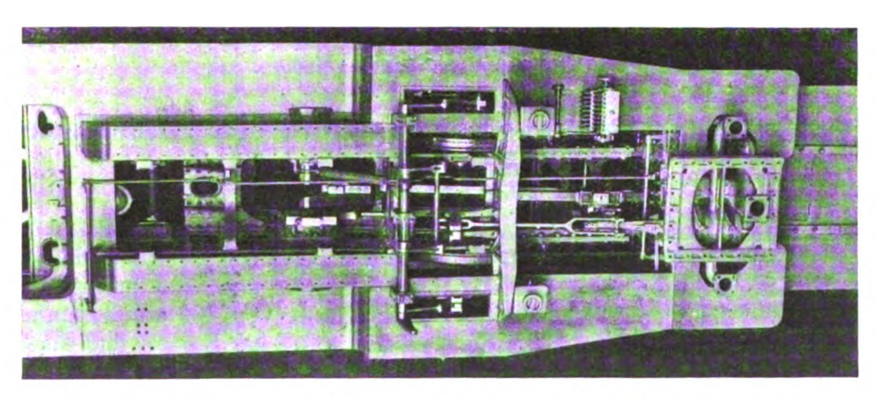


Abb. 5. Blick auf das Innentriebwerk.

Von bemerkenswerten Sonderausrüstungen seien erwähnt: ABC-Kupplung, elektrische Beleuchtung „Pyle“, Dreiklangpfeife neben einer Einklangpfeife, Heißwassersandstreuer, Vorrichtung zum Reinigen der Schienen mit Heißdampf, Dampfbremse für Lokomotive, Luftsaugebremse der englischen Vacuum Brake Cy für Tender und Wagenzug, Geschwindigkeitsmesser „Hasler“, Aschkastenspritze, Rauchkammerspritze, Pyrometer und Mikro-Indikator der Cambridge Instrument Cy Ltd. Eine Lokomotive wurde mit Friedmann-Abdampf-Injektor ausgerüstet.

Die neuen Schnellzuglokomotiven der Siamesischen Staatsbahnen bedeuten einen vollen Erfolg*). Amtliche Versuchsfahrten stehen noch aus. Im regelmäßigen schweren Betriebe haben sich die Lokomotiven durch hohe Zugkraft und große Leistungsfähigkeit als überlegen gezeigt. Man schätzt ihr gutes Anfahrvermögen, das schnelle Dampfmachen, ausgezeichnete Dampfhalten und ihren außerordentlich ruhigen und weichen Lauf. Ausschlaggebend für die Beurteilung der neuen Gattung wird jedoch die Tatsache sein, daß sich ein auffallend geringer Verbrauch an Brennstoff herausgestellt hat.

Hauptangaben.

Spurweite		1000 mm
Zylinderdurchmesser	$d =$	382 „
Kolbenhub	$s =$	610 „
Kesseldruck		12 atü
Rostfläche	$R =$	2,65 m^2
Wasserverdampfende Heizfläche feuerberührt	$H_w =$	126 „
Überhitzerheizfläche	$H_ü =$	40 „
Gesamtheizfläche	$H_{ges} =$	166 „
Treibraddurchmesser	$D =$	1371 mm
Laufraddurchmesser der Lokomotive		762 „
„ des Tenders		851 „
Kesselmitte über Schienenoberkante		2560 „
Wasservorrat des Tenders		15 m^3
Holzvorrat „ „		11 „
Reibungsgewicht	$G_r =$	31500 kg
Dienstgewicht der Lokomotive		56540 „
„ des Tenders		33060 „
Größter Achsdruck		10500 „

Länge der Rohre zwischen den Wänden	4500 mm
Anzahl der Rauchrohre 125/133 ∅	21
„ „ Heizrohre 51,5/57 ∅	101
Freier Rostquerschnitt	0,373 m^2

*) Der Hanomag wurden inzwischen acht weitere Lokomotiven der gleichen Bauart in Auftrag gegeben.

$\frac{H_{ges}}{R} = 62,8$ | $\frac{H_w}{R} = 47,5$

$\frac{H_ü}{H_w} = \frac{1}{3,14}$ | $\frac{H_ü}{H_{ges}} = \frac{1}{4,16}$

Wasserinhalt des Kessels (Wasserspiegel 150 mm über Feuerbüchsdecke)	5,60 m^3
Dampfinhalt des Kessels (Wasserspiegel 150 mm über Feuerbüchsdecke)	$K = 2,77$ „
Wasserverdampfende Oberfläche	$O = 9,35\ m^2$

Heizwert des Brennstoffes	4200—4400 WE
Angenommene Heizflächenbelastung	54 kg/m^2-Std.
Angenommener spez. Dampfverbrauch	7,5 kg/PS_i-Std.
Höchste Dauerleistung	$N' = 905\ PS_i$
Stündlich erzeugte Dampfmenge	$Q = 6800$ kg

$$\frac{Q}{R} = 2560\ \text{kg/m}^2\text{-Std.}$$

$$\frac{Q}{O} = 728\ \text{kg/m}^2\text{-Std.}$$

Günstigster mittlerer Kolbendruck nach Strahl	3,6 atü
Günstigste Zugkraft	3500 kg
Günstigste Geschwindigkeit	70 km/Std.
Größte Zugkraft (0,75 p)	8800 kg
Hubraum eines Zylinders $J' =$	70,0 l
Hubraum des Zylinders einer gleichwertigen Zwillingslokomotive $J = 1,5\,J' =$	105 l

Zugkraftcharakteristik . $C_Z = 1,5\,d^2 \frac{s}{D} = 980$

Reibungscharakteristik $C_R = \frac{C_Z}{G_r} = \frac{980}{31,7} = 30,8$

Kesselcharakteristik . $C_K = \frac{J}{R} = 39,6$

Fester Achsstand der Lokomotive	2900 mm
Geführte Länge der Lokomotive	2900 „
Gesamtachsstand der Lokomotive	8450 „
„ des Tenders	3805 „
„ von Lokomotive und Tender	14845 „
Gesamtlänge von Lokomotive und Tender über die Puffer gemessen	18180 „
Größte Breite	2800 „
Größte Höhe	3800 „

Die neue 2 C-Vierzylinder-Heißdampf-Schnellzuglokomotive der Niederländischen Eisenbahnen.

Von Oberingenieur **K. Vetter**, Wildau.

Hierzu Tafel 17.

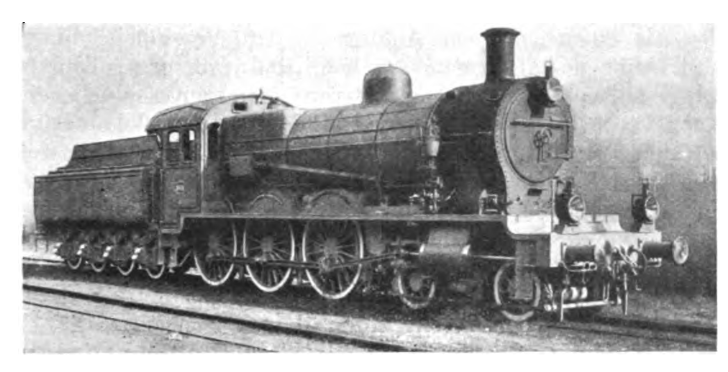
Als im Jahre 1919 die vier Eisenbahngesellschaften in Holland sich unter dem Namen „Niederländische Eisenbahnen“ zu einer Gemeinschaft vereinigten, befanden sich bei der Niederländischen Staatsbahn 115 Stück 2 C-Vierzylinder-Heißdampf-Schnellzuglokomotiven der Serie 3700 im Betriebe. Diese waren die schwersten für die Beförderung von Personenzügen gebrauchten Lokomotiven auf den Hauptstrecken des holländischen Eisenbahnnetzes. 95 Stück sind mit dreiachsigen Tendern und 20 Stück mit vierachsigen Tendern ausgerüstet. Die leistungsfähigen und auch wirtschaftlich sehr gut arbeitenden Lokomotiven bedienten hauptsächlich den schweren internationalen Durchgangsverkehr mit bestem Erfolg.

Bei Zunahme des Verkehrs wurden auch die zu befördernden Züge schwerer, so daß man allmählich mit größeren Füllungen fahren mußte. Auf Grund der im Betriebe gemachten Erfahrungen erwiesen sich diese vergrößerten Füllungen als unwirtschaftlich. Eingehende Untersuchungen ergaben, daß die Leistung des Kessels den Anforderungen voll genügte und eine geringe Vergrößerung der Zylinderdurchmesser von 400 auf 420 mm einerseits eine gute Übereinstimmung der Kessel- und Maschinenleistung herbeiführte, andererseits eine Verminderung der Zylinderfüllung erlaubte.

Bei den neuen Lokomotiven sollten gleichzeitig auch noch folgende Änderungen ausgeführt werden:

Anstatt der bisher verwendeten Speisewasser-Vorwärmer sollten Abdampf-Injektoren von **Davies & Metcalfe** angebracht werden, nachdem die Versuche mit diesen Apparaten an einigen der vorhandenen Lokomotiven sehr günstige Ergebnisse gezeitigt hatten. — Als Sicherheitsventile werden diejenigen der bewährten Bauart „Ackermann“ verwendet. — Da die Lokomotiven gegebenenfalls auch im Güterzugdienst verwendet werden, sollten auch die Räder des vorderen Drehgestelles gebremst und neben der selbsttätigen war auch eine

Zusatzbremse (Henry) anzubringen. Der Inhalt des Hauptluftbehälters mußte infolgedessen von 375 auf 500 l vergrößert werden. An Stelle der Wakefield Schmierpumpen waren ventillose Schmierpumpen von Friedmann Cl. N. zu verwenden. Die Hauptrahmenbleche mußten auf 30 mm verstärkt werden; ebenso mußten Pufferträger bedeutend verstärkt werden. Die Anordnung der Ein- und Ausströmrohrstutzen in der Rauchkammer sollte so geändert werden, daß ihre Befestigung an den Zylindern möglichst einfach und sicher erfolgen kann. Endlich wurde der Radstand des vorderen Drehgestelles um 100 mm auf 2200 mm verlängert, um das Abnehmen der Zylinderdeckel zu erleichtern.



2 C-Vierzylinder Heißdampf-Schnellzuglokomotive Serie 3816 der Niederländischen Eisenbahnen.

Auf Grund dieses Programmes erhielt die Berliner Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft vormals L. Schwartzkopff in Berlin den Auftrag auf Lieferung einer Anzahl dieser neuen geänderten Lokomotiven, Serie 3816.

Die Hauptabmessungen der neuen Serie im Vergleich zur alten Lokomotivserie sind:

	Serie 3816	Serie 3700	
a) Lokomotive			
Zylinderdurchmesser	420	400	mm
Kolbenhub	660	660	„
Treibraddurchmesser	1850	1850	„
Laufraddurchmesser	930	930	„
Fester Radstand	4200	4200	„
Gesamter Radstand	8700	8650	„
Dampfüberdruck	12	12	kg/cm²
Heizfläche der Feuerbüchse	15	15	m²
„ der Rohre	130	130	„
„ des Kessels	145	145	„
„ des Überhitzers	43	43	„
Gesamtheizfläche	188	188	„
Rostfläche	2,84	2,84	m²
Leergewicht	68500	66000	kg
Dienstgewicht	74500	72000	„
Reibungsgewicht	49500	48000	„
Größte Zugkraft (0,75 p)	11300	10300	„
Größte Geschwindigkeit	90	90	km/Std.
Kleinster Kurvenhalbmesser	140	140	m
b) Tender			
Raddurchmesser	1100	1220	mm
Fester Radstand	4800	4000	„
Gesamter Radstand	4800	4000	„
Wasservorrat	28	18	m³
Kohlenvorrat	6000	6000	kg
Leergewicht	28000	19000	„
Dienstgewicht	62500	43000	„

Die Bauart der neuen Lokomotive ist auf Tafel 17 dargestellt. Die vier gleichgroßen Zylinder liegen wagrecht nebeneinander und treiben sämtlich die erste der gekuppelten Achsen an. Das Drehgestell hat Einzelfedern über jedem Rade, deren Gehänge wieder durch besondere Spiralfedern gegen den Rahmen abgestützt sind. Das Drehgestell hat, außer der Drehung um einen Mittelzapfen, eine Verschiebung von 63,5 mm nach jeder Seite. Die mittlere Kuppelachse hat um 10 mm schwächere Spurkränze, so daß die Lokomotive Gleiskrümmungen bis 140 m anstandslos durchfahren kann. Das Rahmengestell weist keine Besonderheiten auf. Es besteht aus zwei Hauptrahmenblechen von 30 mm Stärke und reichlich angeordneten Querverbindungen. Der vordere Pufferträger ist kastenförmig aus zwei Blechplatten und zwei U-Eisen gebaut. Diese Bauart ist gegenüber der früheren, welche nur aus einem Blech und Eckverstärkungen bestand, bedeutend widerstandsfähiger bei Zusammenstößen. Sämtliche Tragfedern erhielten besondere Sattelstücke an Stelle der festen runden Augen an den Enden der obersten Federblätter. Die Tragfedern der gekuppelten Achsen sind durch Ausgleichhebel miteinander verbunden.

Der Kessel ist, abgesehen von einigen Blechverstärkungen, derselbe wie bei den bisherigen Lokomotiven geblieben. Er besitzt einen Stehkessel Bauart „Belpaire", die Hinterwand ist nach vorn geneigt, die innere Feuerbüchse ist aus Kupfer. Es sind 158 Heizrohre von 43/48 mm Durchmesser und 24 Rauchrohre von 125/133 mm Durchmesser und 4242 mm Länge vorhanden. In den Rauchrohren ist ein Dampfüberhitzer Bauart Wilhelm Schmidt untergebracht mit 24 Elementen, bestehend aus je einem vierfachen Rohrbündel, die Rohre mit 31/38 mm Durchmesser. Der bisher übliche, mit Regulierklappen versehene Abschlußkasten für die Überhitzerrohre in der Rauchkammer fällt zukünftig weg.

Von den Kesselausrüstungen sind neben den allgemein üblichen noch zu erwähnen: ein „Kombination"-Injektor Nr. 11 von Gresham & Craven, ein Abdampf-Injektor Cl. H. Nr. 10 von Davies & Metcalfe, zwei Sicherheitsventile „Ackermann", ein Dampfregler mit Doppelschieber, eine nach innen aufklappbare Feuertür.

Die Roststäbe ruhen auf walzenförmigen Trägern, vorn ist ein Kipprost vorgesehen. Der Wärmeschutz des Kessels besteht aus einer Blechbekleidung, unter welche eine Schicht von besonders zugearbeiteten Filzplatten geklebt ist.

Die vier in einer Ebene wagerecht nebeneinander liegenden Dampfzylinder mit einfacher Dehnung werden durch je einen besonderen Schieber gesteuert. Der Antrieb der beiden inneren Schieber erfolgt durch zwei auf der Kurbelachse befestigte Exzenter. Die Bewegung der äußeren Schieber wird durch Doppelhebel von den inneren Schiebern abgeleitet. Die Kolbenstangen aus Vibrac-Stahl sind nach vorn durchgeführt. An den Enden der Zylinder ist je ein Luftsauge- und Sicherheitsventil angebracht. Die Steuerung der Schieber hat die Bauart „Walshaert" mit Füllungen bis 80%. Die Umsteuerung geschieht durch einen auf der rechten Seite im Führerstande vorgesehenen Steuerbock mit Kurbel.

Eine selbsttätige Luftdruckbremse Bauart Westinghouse mit Zusatzbremse von Knorr wirkt auf alle gekuppelten Räder und auf die Laufräder am vorderen Drehgestell und am Tender. Die Verbund-Luftpumpe hat die bekannten Christensen-Ventile. Der Tender besitzt außerdem noch eine kräftige Handspindelbremse. Unter den Laufblechen ist je ein geräumiger Sandkasten befestigt mit einem Druckluftsandstreuer von Gresham & Craven, welcher Sand vor die vorderen Kuppelräder leitet. Im Führerstande ist ein aufzeichnender Geschwindigkeitsmesser Bauart Hassler und eine Dampfheizeinrichtung für den Wagenzug. Die gesamte Ausrüstung ist an der Kesselrückwand sehr praktisch und vom Führer leicht bedienbar angeordnet.

Der Tender hat zwei Eigentümlichkeiten, die besonders hervorzuheben sind: Die vier Achsen sind in einem

festen **Rahmen gelagert**. Die Spurkränze der beiden Mittelachsen sind 10 mm schwächer als die übrigen; hierdurch kann auch der Tender Krümmungen von 140 m Halbmesser durchfahren. Diese Anordnung, die u. a. auch bei Tendern der Dänischen Staatsbahn zu finden ist, hat sich ausgezeichnet bewährt und führt einen sehr ruhigen Lauf des Tenders herbei, was bei Tendern mit Drehgestellen nicht immer der Fall ist. Der mit **gewölbten** Seitenwänden und Bodenblechen ausgeführte Wasserkasten hat oben auf beiden Seiten je eine sich über die ganze Länge des Kastens erstreckende Einlauföffnung mit zweiteiligen Klappdeckeln. Diese allerdings schon bekannte Einrichtung ist für das Füllen der Tender sehr vorteilhaft und zeitsparend.

Das Äußere der Lokomotive ist sehr gefällig und macht durch den hellgrünen Anstrich, den leuchtendroten Pufferträger und die blanke Dom- und Sicherheitsventilbekleidung aus Messing einen lebhaften Eindruck, durch den sich gerade die Lokomotiven in Holland besonders auszeichnen.

Die neuen Lokomotiven befördern, wie die Erfahrung gezeigt hat, ohne Schwierigkeit auf gerader ebener Strecke einen Wagenzug von 600 t Gewicht mit einer Geschwindigkeit von 90 km/Std. bei einer mittleren wirtschaftlichen Füllung von 30%.

Zum Schluß sei noch auf eine Erscheinung hingewiesen, die sich überall dort zeigt, wo sich mehrere ältere Bahnbetriebe zu einem einzigen vereinigen: die Vereinheitlichung der Betriebsmittel.

Als in Holland die vier bestehenden Eisenbahngesellschaften unter einer einzigen Verwaltung vereinigt wurden, waren nicht weniger als über 60 verschiedene Lokomotivbauarten vorhanden. Eine kleine Bahngesellschaft hatte z. B. etwa 20 Lokomotiven im Betrieb, von welchen kaum eine der anderen gleich war. Bei dem verhältnismäßig kleinen Bahnnetz in Holland bedeutet diese große Verschiedenheit in den Lokomotiv-Bauarten ein großes Hindernis in der wirtschaftlichen Unterhaltung und im glatten Betrieb der Fahrzeuge. Man wird daher gezwungen sein, auch hier eine Vereinheitlichung der Lokomotiv-Bauarten herbeizuführen, nur wird die Durchführung des Gedankens nicht so schnell vor sich gehen können als bei Bahnen mit größerem Verkehr und daher mit schnellerem Verschleiß der vorhandenen Fahrzeuge.

Als einen gewissen Anfang in den Vereinheitlichungsbestrebungen kann man ansehen, daß mit den oben beschriebenen Schnellzuglokomotiven gleichzeitig auch eine Anzahl von 2 C 2-Vierzylinder-Heißdampf-Tenderlokomotiven für den Personenverkehr bei einer deutschen Firma bestellt worden sind. Diese Tenderlokomotiven erhalten den Kessel und das gesamte Triebwerk bis zur dritten Kuppelachse in genau derselben Ausführung wie bei den 2 C-Schnellzuglokomotiven. Hiermit ist eine weitgehende Möglichkeit des Austausches einzelner Teile und der Verringerung des Ersatzteillagers schon bei diesen beiden Bauarten gegeben.

Bei dem ausgesprochenen Flachland-Charakter des holländischen Eisenbahnnetzes werden vorläufig als obere Grenze die 2 C-Bauart für den Personenzugdienst und die 1 D-Bauart für den Güterzugverkehr ausreichend sein, woraus sich eine weitere Vereinfachung in der Vereinheitlichung ergeben wird.

Neue Wagentypen der Untergrundbahn in Philadelphia.

Die Schaffung neuartiger Triebwagentypen, wie solche für eine Erweiterung ihres Netzes die Untergrundbahn in Philadelphia in größerer Anzahl jetzt in Dienst stellt, bietet in mannigfacher Hinsicht auch für den deutschen Wagenbauer Interessantes, da sie den neuesten Stand des amerikanischen Gleichstromtriebwagenbaues darstellen und somit einen Vergleich mit dem derzeitigen Stande der deutschen konstruktiven Entwicklung, der sich in den Gleichstromtriebwagen der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen verkörpert, ermöglichen. Die neuen Wagen der Untergrundbahn in Philadelphia sind von der auf dem Gebiete des Straßen- und Schnellbahntriebwagenbaues als fortschrittlich durch ihre grundlegenden Neukonstruktionen bekannten Waggonfabrik **Brill** erbaut worden, und zeigen manche neuartigen Konstruktionsmerkmale.

Um eine wirtschaftliche Zugaufteilung zu erhalten, wurden die Wagen mit 20,6 m Länge als Drehgestellwagen ausgeführt, weisen 3050 mm Breite auf und wiegen mit vollständiger Ausrüstung 50 t. Die Kosten eines Wagens betrugen bei einer Lieferung von insgesamt 150 Wagen rund 40000 Dollar. Das Gewicht liegt damit ziemlich weit über den bei Wagen deutscher Bauart gewohnten Gewichten und deutet die typisch amerikanische Bauweise an, bei der durch eine weitgehende Verwendung von Stahlgußteilen das Streben nach Gewichtsverminderung nicht so betont wird, als dies bei uns der Fall zu sein pflegt. Die Grundrißanordnung ist besonders kennzeichnend für die amerikanische Richtung, sie zeigt beiderseits drei Doppelschiebetüren und dementsprechend im Wageninnern vier Sitzplatzräume, gleichzeitig aber auch Stehplatzräume an den Eingangstüren von erheblicher Ausdehnung. Diese werden noch dadurch erweitert, daß — entgegen der sonstigen Querplatzanordnung — an den Eingangsräumen nur kurze Längssitze vorgesehen sind, so daß an diesen besonders breite Räume für den Verkehr der Reisenden entstehen. Von den 75 Sitzplätzen des Wagens entfallen 50 auf Quersitze, von denen fünf auf einer Querreihe mit einem 620 mm breiten Mitteldurchgang liegen. Nach den in Europa üblichen Sitzplatzabmessungen müssen also die Sitze mit rund 440 mm Breite und nur 625 mm Tiefe als recht bescheiden bezeichnet werden. Das gesamte Fassungsvermögen des Wagens beträgt unter Zugrundelegung einer Besetzung mit fünf Reisenden für den Quadratmeter freier Stehplatzfläche 212 Personen. Auch dieser Wert überschreitet den bei der Berechnung dieses Wertes in Europa üblichen, wo nur mit vier Reisenden für den Quadratmeter Stehplatzfläche gerechnet zu werden pflegt.

In jedem Wagen sind an beiden Wagenenden Führerstände auf jeweils entgegengesetzten Seiten vorgesehen, aber so klein gehalten, daß sie nur ein Drittel der Wagenbreite einnehmen, und, wenn sie nicht benutzt werden, derart in einem kleinen Schrank abgedeckt werden können, daß keinerlei Sitzplätze für die Fahrgäste verloren gehen. Dies ist durch den Verzicht auf die Unterbringung aller der Apparate und Einrichtungen, die durch zweckentsprechende Ausbildung auch unter dem Wagen angebracht werden können, ermöglicht worden. Der Platzgewinn gegenüber der in Deutschland üblichen Bauart mit großen, die ganze Wagenbreite einnehmenden Führerräumen und entsprechend großem Fahrgastraumverlust ist bedeutend, und Schwierigkeiten aus dieser Bauart sind nicht bekannt geworden. Dafür gestattet diese aber weiterhin noch die Anbringung von Türen in den Stirnwänden zum Übergang zwischen den Wagen — sei es für Reisende, sei es nur für Personal — eine Einrichtung, die für den Ausgleich der Besetzung allerdings nur unter der Voraussetzung von Wert ist, daß eine Einheitsklasse und keine Unterscheidung zwischen Raucher- und Nichtraucherabteilen vorhanden ist, durch die bei den entsprechenden deutschen Bahnen meist praktisch ein Vierklassensystem geschaffen wird. Auch hier sind 750 mm breite Mitteltüren vorhanden; der Übergang wird durch gummiumnähte Ketten geschützt. Außerdem sind zum Schutz der Reisenden auf den Bahnsteigen bei

starkem Gedränge Scherengitter zwischen den Wagenstirnwänden vorhanden. Alle vorgenannten Türen bestehen aus Leichtmetall.

Die Türschließeinrichtung ist mit besonderer Sorgfalt durchgebildet und weist einige Besonderheiten auf, die einer kurzen Erwähnung bedürfen. Die Türen werden durch Druckluft mit elektrischer Steuerung geöffnet wie auch geschlossen. Es kann jeder Wagen einzeln und auch alle gemeinsam von dem führenden Triebwagen aus gesteuert werden. Rote Lampen außen an den Wagen leuchten auf, wenn noch eine Tür geöffnet ist, und grüne Lampen in den Führerständen zeigen an, daß sämtliche Türen geschlossen sind. Einzelne Türen können vom Bahnsteig aus durch das Bahnsteigpersonal durch Druckknöpfe geschlossen werden. Beim Überfahren eines Bahnsteiges kann der Führer die Türen der betreffenden Wagen vom selbsttätigen Öffnen abschließen; schließlich kann vom Wageninnern aus der Führer durch eine elektrische Klingel, deren Druckknöpfe unter Glas mit einem kleinen Hammer daneben im Wagen angeordnet sind, zum Öffnen der Türen aufgefordert werden. Alle hierfür erforderlichen elektrischen Steuerleitungen liegen an einer 32 Volt-Batterie, die gleichzeitig auch das Spitzenlicht, die Notbeleuchtung und andere Überwachungsstromkreise speist.

Großer Wert ist auf gute Lüftung der Wagen gelegt; hierfür ist ein Oberlichtaufbau vorgesehen, außerdem eine Anzahl elektrischer Ventilatoren lediglich zur Luftumwälzung zwecks Kühlung. Die elektrische Heizung wird selbsttätig durch einen Thermostaten geregelt, der beim Anfahren jeweils zur Verringerung der Spitzenlast die Heizung ausschaltet, weil die Strompreise sich nach der Höhe der Spitzenlast richten. Außer den normalen Beleuchtungskörpern sind über den Türräumen von der Batterie gespeiste Notbeleuchtungen vorgesehen.

Die Bauart des Wagenkastens in Stahl mit tragenden Seitenwänden entspricht in den Grundzügen der deutschen; entsprechend den amerikanischen Gepflogenheiten wird jedoch in sehr hohem Maße von Stahlguß Gebrauch gemacht, insbesondere für die Verstärkungen im Untergestell, und außerdem von Leichtmetall für das Dach. Die Seitenwandbleche sind 3,2 mm stark. Die van Dorn-Kupplung kuppelt die Wagen mechanisch, außerdem Luft und 22 elektrische Steuerleitungen; sie kann vom Innern des Führerstandes aus gelöst werden, so daß kein Bedienungsmann neben die Wagen zu treten braucht.

Die Drehgestelle mit Schwanenhalsträgern und Schraubenfedern zeigen die bekannte „amerikanische" Bauart. Die Rahmen sind aus einem Stück in Stahlguß hergestellt. Die Achsen haben Gleitlager. Nur bei sechs Wagen wurde ein Versuch mit Rollenlagern gemacht. Bei den ausnehmend hohen Kosten der Rollenlager, die einen immerhin beachtlichen Teil der Gesamtkosten des Fahrzeuges ausmachen, ist diese Entscheidung, die mit der Zurückhaltung vieler Bahnbetriebe gegenüber den Rollenlagern übereinstimmt, nicht zu übersehen. Ob tatsächlich die Verwendung von Rollenlagern Betriebskostenersparnisse in einem solchen Umfange bringt, daß sich die hohen Beschaffungsmehrkosten ausgleichen, sei dahingestellt. An den Schwanenhalsträgern sind die Stromabnehmer für die dritte Schiene befestigt. Diese Lösung, die die Verwendung querliegender Doppel-Elliptikfedern für die Wagenabfederung sowie die Anordnung einer richtigen Wiege mit seitlichem Kastenausschlag gestattet, darf als geschickt und glücklich bezeichnet werden. Das Motordrehgestell enthält zwei Westinghouse-600-Volt-Gleichstrommotoren von 210 PS Leistung, die in Tatzenlageraufhängung auf die außen liegenden Triebachsen arbeiten. Die Motoren sind doppelt gelüftet: während der eine Luftstrom in der üblichen Weise am Kommutator eintritt, diesen von unten belüftet und den Anker durchströmt, und am anderen Motorende durch den Ventilator ausgestoßen wird, geht der andere Luftstrom, der auf der Rückseite des Kommutators angesaugt wird, zwischen den Feldspulen hindurch und wird von der zweiten Beschauflung des gleichen Ventilators gefördert. Auf diese Weise wird die unmittelbare Belüftung des Kommutators mit der dadurch gegebenen Gefahr der Verschmutzung durch Bremsstaub und starken Abnutzung der Bürsten vermieden. Bei leerem Wagen wird auf der Ebene eine Geschwindigkeit von 75 km/h erreicht, und bei besetztem Zuge eine solche von 39 km/h auf einer Steigung von 3 v. H. Die Steuerung ist eine elektropneumatische Vielfachsteuerung.

Die Westinghouse-Bremse kann pneumatisch und elektrisch gesteuert werden. Jeder Wagen enthält einen Bremsluftpresser. Das Überfahren von auf Halt stehenden Signalen verhindert eine mechanische Fahrsperre. Vor der Inbetriebnahme wird jeder Wagen eingehenden Versuchs- und Abnahmefahrten über rund 1000 km unter allen nur möglichen Betriebsbedingungen unterworfen, um das sichere Arbeiten aller Einrichtungen festzustellen; dieses Verfahren ist auch für einen so verwickelten Mechanismus wie einen Triebwagen durchaus empfehlenswert. Günther-Weimar.

Technischer Ausschuß des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Vom 11. bis 13. Juni 1929 hielt der Technische Ausschuß des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen unter dem Vorsitz des Herrn Staatssekretär von Samarjay, Präsident der Direktion der Kgl. Ungarischen Staatseisenbahnen, in München seine 107. Tagung ab. Namens der Gruppenverwaltung Bayern der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft begrüßte Herr Staatssekretär von Frank die Ausschußmitglieder und hieß sie in München herzlich willkommen.

Außer einigen Verwaltungsfragen, die sich aus der im Gange befindlichen Umarbeitung der Satzungen ergaben, nahm der Ausschuß Zwischenberichte zur Kenntnis, die sich auf folgende Gegenstände beziehen:

Abnutzung der Schienen und Radreifen, Radstände der Lokomotiven, Zurückweisung von Wagen wegen Schäden an Spurkränzen, zweiteilige Heizkupplungen, Einschränkung der Breitenmaße der Wagen, Umriß der Laufflächen und des Spurkranzes für abgedrehte Radreifen, Benennung von Wagen und Wagenteilen in deutscher, französischer und italienischer Sprache, Verladung von Betoneisen auf zwei Plattformwagen und Zulassung neuer Verladearten für Eisenbahnschienen, Schrumpfmaß der warm aufgezogenen Radreifen, Klärung der Ursachen der Schienenbrüche, Ausrüstung der Privatwagen mit Handbremsen (§ 19 VWÜ), Frage der Überhöhung in Gleisbögen, Übernahme von Wagen mit schadhaften Schalengußrädern.

Sodann genehmigte der Ausschuß die aufgestellte Güteprobenstatistik für das Erhebungsjahr 1927/1928, die von der Geschäftsführenden Verwaltung in Druck gelegt ist und von dort bezogen werden kann.

Ein Antrag der vormaligen niederösterreichischen Landesbahnen auf Aufstellung einer Bremstabelle für Schmalspurbahnen wurde erledigt. Es wurde eine Bremstabelle für Handbremsen und durchgehende langsamwirkende Bremsen bei 400 m Bremsweg und eine Tabelle für durchgehende schnellwirkende Bremsen bei 400 m Bremsweg aufgestellt. Ferner Bremswegtafeln für langsam und schnellwirkende Bremsen. Die Ergebnisse dieser Arbeiten werden in die in

Arbeit befindliche Neuausgabe der Grundzüge für den Bau und den Betrieb der Lokalbahnen eingearbeitet und sodann veröffentlicht werden.

Über die Frage der Einführung der Turbinenlokomotiven wurde eingehend berichtet. Es wurde der Standpunkt eingenommen, daß zur endgültigen Beurteilung der Frage die Zeit noch nicht gekommen ist. Namentlich auch deshalb, weil der Turbolokomotive wieder weitere Konkurrenten in den Kolben-Hochdrucklokomotiven erwachsen sind. Von der weiteren Verfolgung der Angelegenheit wurde einstweilen abgesehen.

Zu einigen das Vereinswagenübereinkommen betreffenden Fragen wurde vom Technischen Ausschuß Stellung, genommen, und zwar wurden die Anträge auf Bezettelung von Wagen mit losen Tragfederkeilen, auf eine Zusatzbestimmung über den Abstand der Ladung von den Stirnwänden der Wagen, auf Herabsetzen der Grenzen von 300 Schadeneinheiten im Wagenübergangsverkehr mit kleineren Verwaltungen abgelehnt.

Ein Antrag auf Aufnahme von Beschädigungseinheiten für die Inneneinrichtung von Fischwagen, sowie auf Bearbeitung der Anlage II des VWÜ wurde an den Wagenübergangsausschuß zur Erledigung weitergegeben.

Da die Amtsdauer des jetzigen Preisausschusses mit der im September 1929 abzuhaltenden Vereinsversammlung endigt, nahm der Technische Ausschuß die ihm obliegende Wahl von sechs neuen Preisausschußmitgliedern vor. Es wurden die bisherigen Mitglieder wiedergewählt.

Als wichtigsten Gegenstand behandelte der Technische Ausschuß die Neubearbeitung der Technischen Vereinbarungen über den Bau und den Betrieb der Hauptbahnen und Nebenbahnen sowie der Grundzüge über den Bau und den Betrieb der Lokalbahnen. Der Ausschuß nahm Kenntnis von dem Stande der Arbeiten und beschloß, eine besondere Tagung abzuhalten, sobald die Technischen Vereinbarungen und die Grundzüge engdültig fertiggestellt sind. Über die Art der Neubearbeitung dieser beiden wichtigen Drucksachen des Vereins wird an dieser Stelle noch besonders berichtet werden.

Schließlich wurden noch Fragen des Technischen Vereinsorgans behandelt. Hier ist besonders hervorzuheben, daß für die Jahre 1918 bis 1927 ein Sach- und Namensverzeichnis herausgegeben wurde, das beim Aufsuchen von Aufsätzen früherer Jahre außerordentlich wertvolle Hilfe leistet, und das von C. W. Kreidels Verlag in München käuflich erworben werden kann. Ein solches Verzeichnis ist regelmäßig in zehnjährigen Zeitabschnitten herausgegeben worden. Bei dem neuen Verzeichnis ist die systematische Einteilung des Stoffes verlassen, die Anordnung ist nach alphabetisch geordneten Stichwörtern gewählt, wie es auch bei anderen Zeitschriften üblich ist. Weiterhin besteht in der äußeren Form gegenüber den früheren Verzeichnissen der Unterschied, daß der Text nicht über Seitenbreite gesetzt ist, sondern in der üblichen Spaltenform. Das wirkt raumersparend, gibt eine bessere Übersicht und ein besseres typographisches Bild. Die Vielseitigkeit des Fachgebietes zeigt sich in den Stichwörtern. So sind z. B. im Stichwort „Bahnhöfe" 32 Artikel über Personenbahnhöfe, 22 über Güterbahnhöfe aufgeführt. Weitere umfangreiche Stichwörter sind „Bahnunterhaltung, Bahnbau, Oberbau" mit 84, 28, 80 Artikeln. Im Abschnitt „Dampflokomotiven" sind 49 Sammelbeschreibungen und rund 250 Beschreibungen mit Konstruktionsangaben einzelner Lokomotiven enthalten. Das Gebiet der Schienenschweißung, der Verschiebetechnik, der Fahrzeugbewegung, und Werkstätten haben ausgedehnte Besprechungen erfahren. —

Die nächste Sitzung des Technischen Ausschusses soll auf Einladung der Westfälischen Landeseisenbahn-Gesellschaft in Münster in Westfalen stattfinden. Die Festsetzung der Zeit wurde der vorsitzenden Verwaltung überlassen. C.

Aus amtlichen Erlassen.

Vorläufige Richtlinien für die Aufstellung und Unterhaltung von Warnkreuzen an Wegübergängen in Schienenhöhe.

In § 18 (9) der neuen am 1. Oktober 1928 in Kraft getretenen Eisenbahnbau- und Betriebsordnung ist folgendes bestimmt: „Die Wegübergänge müssen mit Warnkreuzen versehen sein. Diese sind an allen unmittelbar am Übergang einmündenden Wegen da aufzustellen, wo Fuhrwerke einschließlich Kraftfahrzeuge und Tiere angehalten werden müssen, wenn die Schranken geschlossen sind, oder ein Zug sich nähert."

Für die Aufstellung und Unterhaltung der nach dieser Bestimmung an Stelle der bisher gebräuchlichen Warntafeln tretenden Warnkreuze hat die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft Richtlinien herausgegeben.

Es werden drei Formen von Warnkreuzen mit rot und weiß gestrichenen Armen und mit Pfosten in dunkelgrauer Farbe, das einfache Halbkreuz an beschrankten Wegübergängen, das einfache Vollkreuz an den unbeschrankten und das doppelte Vollkreuz an den unbeschrankten mehrgleisigen Wegübergängen verwendet (s. Abb.). Bei letzteren ist das Doppelkreuz auch dann aufzustellen, wenn die Möglichkeit des Begegnens von Zügen untereinander oder mit Rangierfahrten auf dem Übergange ausgeschlossen ist.

An allen Wegübergängen, die durch die Wegebaupflichtigen nach dem Muster der Reichsverordnung vom 8. Juli 1927 durch Kraftfahrzeugwarntafeln gekennzeichnet sind, müssen auch Warnkreuze aufgestellt werden. Durch Aufschriften an den Warnkreuzen auf deren Bedeutung hinzuweisen wird für entbehrlich gehalten, nachdem sich die Verwendung von Zeichen für Anordnungen im Verkehrswesen allgemein eingebürgert hat. Auch dürfen keine sonstigen Anschriften (Reklamen usw.) an den Pfosten angebracht werden.

Der Standort der Warnkreuze muß nachstehenden drei Anforderungen genügen:

1. Vom Warnkreuz aus muß, namentlich bei unbeschrankten Wegübergängen, die Bahnstrecke möglichst weit nach beiden Richtungen eingesehen werden können.
2. Das Warnkreuz muß von der Straße aus auf eine ziemlich große Entfernung gesichtet werden können.
3. Das langsam fahrende ortsübliche längste Fuhrwerk muß den Wegübergang auch dann noch gefahrlos überqueren können, wenn erst nach seiner Vorbeifahrt am Warnkreuz ein Zug auf der einzusehenden Bahnstrecke auftaucht.

Die Anforderung 1 zwingt zu einem möglichst nahen Heranrücken der Warnkreuze an den Wegübergang, besonders dann, wenn die Übersichtsverhältnisse der Strecke ungünstig sind. Den Abstand der Warnkreuze von den Gleisen zu vergrößern, um das Scheuen der Zugtiere zu verhüten, ist bei dem ständig zunehmenden Kraftfahrzeugverkehr nicht empfehlenswert. Auch braucht im allgemeinen auf ein Durchrutschen der Kraftfahrzeuge über die Warnkreuze hinaus keine Rücksicht genommen werden. Nur bei Wegen, die gegen die Bahn steil abfallen, kann ein gewisser Sicherheitszuschlag gemacht werden, wenn nicht die Erzielung ausreichender Streckenübersicht vom Warnkreuz aus etwas anderes erfordert. Die Richtlinien schreiben als Regelentfernung der Warnkreuze von

der ersten Schiene das Maß von 5 m vor. Erforderlichenfalls darf dieses Maß vergrößert werden, aber tunlichst nicht über 10 m hinaus.

Damit die Anforderung 2 erfüllt wird, soll angestrebt werden, daß die Warnkreuze auch unter ungünstigen Verhältnissen auf den Straßen, die für den Kraftfahrzeugverkehr von Bedeutung sind auf mindestens 50 m, auf den übrigen Wegen auf mindestens 20 m von der rechten Straßenfahrbahn aus sichtbar sind.

in ganz besonderen Ausnahmefällen (behinderte Sicht) zugelassen. Der untere Rand der Kreuze soll 2,5 m über dem Erdboden sein. In gekrümmten Wegeinschnitten können zur Erzielung größerer Sichtweiten die Kreuze auch höher angebracht werden.

Im allgemeinen sind die Kreuze senkrecht zur Wegachse anzuordnen. Da die Kreuze bei richtiger Aufstellung und bei vorschriftsmäßiger Führung der Kraftfahrzeuge frühzeitig genug vom Scheinwerferlicht der Kraftfahrzeuge bestrahlt

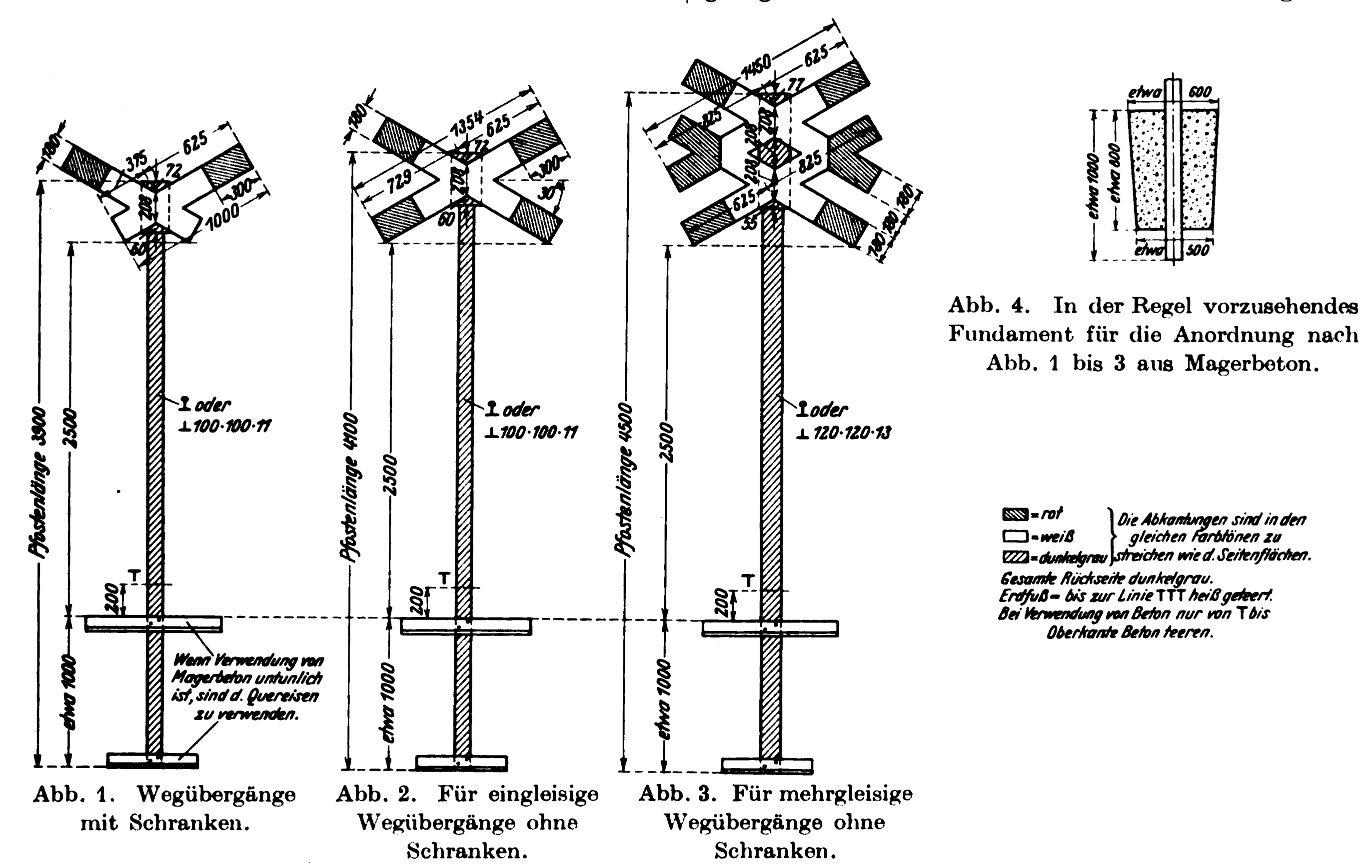


Abb. 1. Wegübergänge mit Schranken.

Abb. 2. Für eingleisige Wegübergänge ohne Schranken.

Abb. 3. Für mehrgleisige Wegübergänge ohne Schranken.

Abb. 4. In der Regel vorzusehendes Fundament für die Anordnung nach Abb. 1 bis 3 aus Magerbeton.

Die Anforderung 3 ist meist nur bei unbeschrankten Übergängen mit geringer Streckenübersicht von Bedeutung. Sie ist erfüllt, wenn die Zeit, die das langsam fahrende Fuhrwerk zum Befahren des sogenannten Gefahrenraums braucht (das ist des Raumes vom Warnkreuz bis zu einem um Fahrzeuglänge hinter der jenseitigen Lichtraumgrenze gelegenen Punkte) kleiner ist, als die Fahrzeit des schnellsten Eisenbahnzuges auf der einzusehenden Strecke.

Da für alle Fahrzeuge die rechte Wegseite vorgeschrieben ist, müssen die Warnkreuze gleichfalls auf der rechten Wegseite aufgestellt werden. Linksaufstellung ist nur werden, liegt kein Bedürfnis vor, sie eigens zu beleuchten. Auf die Erhaltung eines guten Farbanstriches der Kreuze ist zu achten. Der ordnungsmäßige Zustand der Warnkreuze ist vom Vorsteher der Bahnmeisterei von Zeit zu Zeit nachzuprüfen. Er hat dabei besonders darauf zu achten, daß die Sichtbarkeit der Kreuze nicht durch Baumwuchs beeinträchtigt wird. Besonders wichtig ist die Erhaltung eines guten Sichtzustandes an den verkehrswichtigen Wegübergängen bei dessen Feststellung es nützlich sein kann, auch die Wegbenutzer, insbesondere Sachverständige aus Kreisen des Kraftfahrzeugverkehrs zu befragen. D.

Persönliches.

Personalwechsel in der Direktion der Niederländischen Eisenbahnen.

In der am 28. Juni 1929 abgehaltenen Generalversammlung der Aktieninhaber der Gesellschaft für den Betrieb Niederländischer Staatseisenbahnen und der Holländischen Eisenbahn-Gesellschaft wurde dem Direktor Ir. J. A. Kalff die nachgesuchte Entlassung bewilligt. Bei dem ihm zu Ehren von diesen Gesellschaften veranstalteten Abschiedsessen würdigte der Minister für Wasserbau die vielen und großen Verdienste, welche der scheidende Direktor sich um die Förderung des Niederländischen Eisenbahnwesens erworben hat, und teilte ihm seine Ernennung zum Groß-Offizier des Orange-Nassauordens mit.

Als Nachfolger von Ir. J. A. Kalff ist der bisherige Chef des Betriebsdienstes der Niederländischen Eisenbahnen, Ir. E. C. W. van Dyk, zum Direktor der Niederländischen Eisenbahnen ernannt worden.

Ir. van Dyk wurde am 18. April 1877 in Probolingo (Java) geboren, bestand 1895 die Reifeprüfung der Oberrealschule in Semarang und studierte von 1895—1899 an der Technischen Hochschule in Delft.

Vom 15. März 1900 bis 15. April 1902 war Herr van Dyk als Aspirant-Adjunkt-Ingenieur im Dienste der Gesellschaft für den Betrieb Niederländischer Staatseisenbahnen, wonach er als Ingenieur in den Dienst der Niederländischen Zentral-Eisenbahngesellschaft überging. Am 1. Juni 1907 wurde er

zum Chef des Bau- und Unterhaltungsdienstes dieser Eisenbahngesellschaft ernannt. Bei der Vereinigung der verschiedenen großen Eisenbahngesellschaften zu der Betriebsgemeinschaft Niederländischer Eisenbahnen am 1. Mai 1919 trat Herr van Dyk als Oberingenieur, Adjunkt-Chef des Bahnbau- und -unterhaltungsdienstes, in den Dienst der Niederländischen Eisenbahnen. Am 1. September 1920 erfolgte seine Ernennung als Sekretär, Chef des Allgemeinen Dienstes, welches Amt er am 1. Mai 1924 wechselte mit dem Amt eines Chefs des Betriebsdienstes.

Herr van Dyk war seinerzeit Vorsitzender des 1917 eingesetzten Ausschusses zur Schaffung von Einheit in dem Sicherungswesen der Niederländischen Eisenbahnen (die Arbeit dieses Ausschusses führte zur Einführung neuer Signal- und Fahrdienstvorschriften) und ist seit 1. Januar 1924 u. a. Vorsitzender der Abteilung Verkehr und Verkehrstechnik des Königlichen Instituts von Ingenieuren. Aus der Feder des Herrn van Dyk sind viele Abhandlungen, namentlich auf dem Gebiete des Eisenbahnwesens, in der Zeitschrift „de Ingenieur", sowie in vielen ausländischen Fachzeitschriften erschienen. Auf praktischem Gebiet ist sein Name verbunden mit dem Oberbau von Eisenbahnschienen von 46 kg pro Meter auf gußeisernen Stühlen, der bei den Niederländischen Eisenbahnen in ausgedehntem Maße Anwendung findet, sowie mit der bei den Niederländischen Eisenbahnen gebräuchlichen Montierung von Eisenbahnschwellen auf mechanisch-elektrischem Wege. Ebenso ist sein Name verbunden mit der Normalisierung der Eisenbahnschienen und des Kleinbahnoberbaues in den Niederlanden.

Von den unter Leitung des Herrn van Dyk ausgeführten Ingenieurwerken sind hervorzuheben: der Umbau der Rangieranlagen auf den Bahnhöfen Amsterdam Weesperpoort, Maarn und Zwolle Vschbf., der Bau verschiedener Stationen der Niederländischen Zentral-Eisenbahn-Gesellschaft und die Elektrisierung verschiedener Strecken der Niederländischen Buurtspoorweg-Maatschappy.

Berichtigung zu der Nachricht des V. D. E. über Preiserteilung (im Heft 15, Seite 255).

Der dem Herrn Oberinspektor Schröder, Berlin-Wilmersdorf, Spessartstraße 12, zuerkannte Preis von 1 500 ℛℳ wurde ausschließlich für den von ihm angemeldeten „Kopfklappenverschluß für offene Güterwagen", nicht aber für seine Bewerbung „Drehpfanne für Eisenbahnwagen" gegeben.

Ferner ist der Preis von 1 500 ℛℳ für den Schienenautobus den beiden Bewerbern, Herrn Oberregierungsrat Pogány, stellv. Generaldirektor der Donau-Save-Adria Eisenbahn-Gesellschaft und Herrn Ministerialrat Gordon, ehemaliger Generaldirektor der Donau-Save-Adria Eisenbahn-Gesellschaft zuerkannt worden.

Berichte.

Lokomotiven und Wagen.

Neue Blasrohrversuche in Frankreich.

Die Paris-Orléansbahn hat im Jahre 1926 Versuche zur Verbesserung der Blasrohrwirkung angestellt. Hierzu wurde eine bereits 1919 von Kylälä verwendete Anordnung einmal mit einem Blasrohr mit Zwischendüsen und als zweite Ausführung mit einem trompetenförmigen Kamin verbunden, wobei man unerwartet günstige Ergebnisse erzielt hat. Abb. 1 zeigt die erstgenannte Bauart, 1 K/1 C genannt, in Abb. 2 ist die von Kylälä erfundene Ausströmung mit vier gesonderten Rohren, die auf Abb. 1 mit K bezeichnet ist, noch besonders dargestellt. Letztere verteilt den Dampf über dem Blasrohr auf vier Düsen,

Abb. 1. Anordnung der Ausströmung, Bauart 1 K/1 C.

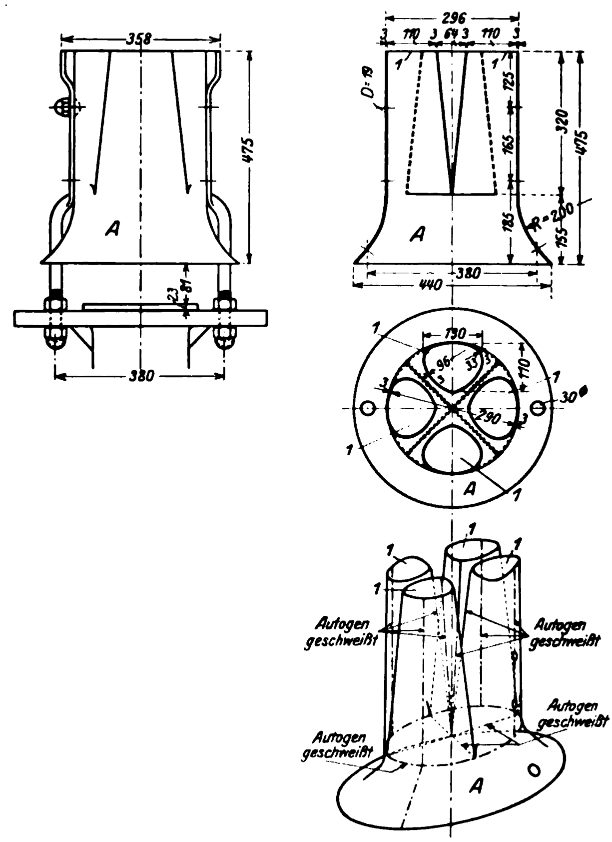


Abb. 2. Ausströmung Bauart Kylälä.



durch welche er von der Achse der Ausströmung etwas abgelenkt austritt. Die Rauchgase können zwischen diesen Dampfstrahlen durchtreten und vermischen sich auf diese Weise leicht mit ihnen. Abb. 3 stellt die andere Anordnung, Type 1 K/T dar. Hier ist das zylindrische Rohr C auf Abb. 1 durch ein konisches Rohr T ersetzt und gleichzeitig der Kamin stark erweitert. In beiden Fällen ist ein Blasrohr t mit fester oder verstellbarer Öffnung verwendet worden.

An einigen Lokomotiven verschiedener Gattungen wurden Vergleichsversuche angestellt und die Ergebnisse in Kurven aufgezeichnet, welche die Verbesserungen veranschaulichen. Beim gleichen Unterdruck in der Feuerbüchse von 115 mm Wassersäule ergab z. B. die ursprüngliche Anordnung nach Kylälä einen Gegendruck im Blasrohr von 170 mm und die Bauart 1 K/1 C nur 90 mm gegen 300 mm bei dem Blasrohr mit verstellbarer Düse. Der Arbeitsgewinn wird daher gegenüber einem gewöhnlichen Blasrohr unter regelmäßigen Verhältnissen auf der Fahrt verdoppelt. Damit wird auch der Gegendruck auf die Kolben vermindert und die Zylinderdiagrammfläche vergrößert, also die Leistung gesteigert. Dies wirkte sich bei den untersuchten Personenzuglokomotiven in einer Geschwindigkeitserhöhung von 20—30 km/h aus oder gestattete, unter Beibehaltung der früheren Fahrzeit den Zylinderfüllungsgrad zu vermindern. Alles in allem kam die Verbesserung der Regelmäßigkeit des Betriebes zugute.

Die mit der Bauart 1 K/T ausgerüsteten Gattungen 2 C 1 h 4 v und 2 C 1 h 2 sowie die mit der Vorrichtung 1 K/1 C versehenen 1 D n 4 v und 1 D 1 h 2-Lokomotiven wurden im Betriebe beobachtet. Dabei zeigte sich, daß gegenüber der früheren gewöhnlichen Ausströmung Dampfdruck und Wasserstand bei gleichen Verhältnissen auf den Steigungen besser gehalten werden konnten und vielfach Vorspannlokomotiven erspart wurden. Ferner ergaben sich eine größere Verdampfung und eine Ersparnis an Brennstoffen.

(Rev. gen., Ch. d. f. Sept. 1928.) Bttgr.

1 C 2-h 2 Tenderlokomotive der London, Midland und Schottischen Bahn.

Die Lokomotiven, von denen 25 Stück in den Bahnwerkstätten in Derby gebaut wurden, sind zur Beförderung von Vorortschnellzügen bestimmt. Sie haben außenliegende Zylinder und Heusinger-Steuerung mit Kuhnscher Schleife; die drei Kuppelachsen sind fest im Rahmen gelagert, die vordere Laufachse ist als Bisselachse mit Rückstellpendeln, das hintere Drehgestell seitenverschiebbar mit Rückstellfeder ausgeführt. Die Lokomotive besitzt Dampfbremse; bemerkenswert ist, daß sämtliche Räder gebremst werden. Es sind drei Bremsgruppen vorhanden: Die Kuppelräder werden einseitig von vorn gebremst; die zugehörigen beiden Bremszylinder sitzen senkrecht hinter der letzten Kuppelachse. Die Räder des Bisselgestelles sind doppelseitig gebremst mittels eines besonderen im Bisselrahmen sitzenden Bremszylinders. Zur einseitigen Abbremsung der Räder des Drehgestelles sind zwei doppelt wirkende Bremszylinder vorgesehen, die außen am Drehgestellrahmen sitzen. Der Wasservorrat von 9,1 m³ ist seitlich vom Kessel und hinter dem Führerhaus untergebracht; um das Durchfahren auch von längeren Strecken zu ermöglichen, besitzen die Lokomotiven die Vorrichtung von Ramsbottom zum Nachfüllen von Wasser während der Fahrt. Der Kessel hat abweichend von der früheren englischen Bauart eine sehr geräumige Rauchkammer; der Stehkessel hat Belpaire-Form, der Langkessel ist mit annähernd 3,5 m außerordentlich kurz.

Die Hauptabmessungen sind:

Kesselüberdruck p	14	at
Zylinderdurchmesser d	2×483	mm
Kolbenhub h	660	„
Verdampfungsheizfläche	113,3	m²
Heizfläche des Überhitzers	24,8	„
Heizfläche im Ganzen — H	138,1	„
Rostfläche R	2,32	m²
Durchmesser der Treibräder	1753	mm
Fester Achsstand (Kuppelachsen)	5029	„
Ganzer Achsstand	11735	„
Reibungsgewicht G_1	52,05	t
Dienstgewicht G	87,20	„
Vorrat an Wasser	9,1	m³
Vorrat an Brennstoff (Kohle)	3,5	t
H:R	5,9	
H:G	1,68	m²/t
$H:G_1$	2,65	„
Metergewicht	6,2	t/m

(Engineering, 1928, Nr. 3283.) R. D.

Vergrößerung des Schieberhubes bei der Heusinger-Steuerung.

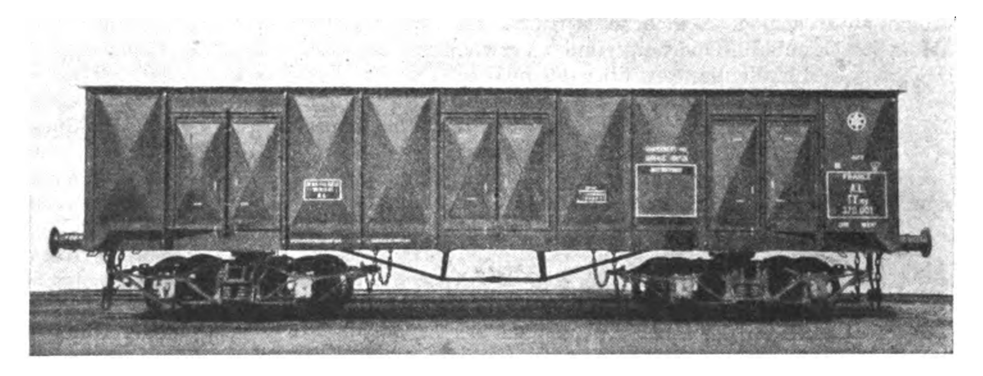
Zur Vergrößerung des Schieberhubes bei Lokomotiven mit Heusinger-Steuerung schaltet man in Amerika neuerdings zwischen Schieberschubstange und Voreilhebel mitunter einen einarmigen Zwischenhebel ein. Der Drehpunkt desselben liegt unten. Darüber greift zunächst die Schieberschubstange und am oberen Ende ein kurzer Verbindungshebel zum Voreilhebel an. Durch entsprechende Wahl der Hebellängen läßt sich der Schieberweg mehr oder weniger über das durch die Länge der Gegenkurbel und der Schwinge gegebene Maß hinaus vergrößern. Die Einschaltung des Zwischenhebels bietet zugleich Gelegenheit, die Schwinge etwas tiefer zu legen, was in manchen Fällen — bei großem Abstand zwischen Zylinder und Schieber — erwünscht sein wird. R. D.

(Railw. Mech. Eng., Juli 1928.)

Neue französische 40 t-Güterwagen.

Das Vereinheitlichungsbüro für Fahrzeuge der französischen Eisenbahnen hat einen Plattformwagen und einen offenen Güterwagen von 40 t Ladegewicht entworfen, die zunächst in je einer Musterausführung erbaut wurden. Letzterer erscheint uns deshalb einer kurzen Betrachtung wert, weil er im Gegensatz zu den Wagen ähnlicher Größe der deutschen Reichsbahn keine Selbstentladevorrichtung besitzt. Wagen der letzteren Art gehören in Frankreich ausschließlich Privaten, während die der Eisenbahnverwaltungen gehörigen zugunsten einer freizügigeren Verwendung nur festen flachen Boden haben.

Der Wagen (siehe Abbildung) ist zwischen den Puffern 11850 mm lang, im ganzen 2850 mm breit und 3106 mm hoch, so daß er auf der Mehrzahl der Ladeplätze der Zechen verkehren kann. Die Bordwände aus Preßblechen sind vom Wagenboden aus 1845 mm hoch, die Ladefläche beträgt 28,3 m² und der Rauminhalt des Wagenkastens 52,5 m³, so daß dieser 50 m³ Kohlen faßt. Die drei Türen auf jeder Seite sind 1463 mm hoch und 1450 mm breit. Um den Wagen mit Greiferkran entladen zu können, sind Querverbindungen im Inneren des Wagenkastens vermieden worden.



Französischer offener Güterwagen mit 40 t Ladewicht.

Die amerikanischen Drehgestelle des Wagens sind ebenso wie sein Untergestell für eine Tragfähigkeit von 52,5 t bemessen, für den Fall, daß der zulässige Raddruck auf den Hauptlinien allgemein erhöht wird. Auf die acht Bremsklötze des Drehgestelles wirken eine Handbremse und eine nach der Belastung regelbare Westinghouse-Bremse.

Vor der Reihenanfertigung einer größeren Anzahl dieser Fahrzeuge wurde der Versuchswagen und seine Einzelteile eingehend auf seine Festigkeit durch statische und dynamische Beanspruchungen geprüft. Dabei wurden die noch notwendigen kleinen Abänderungen festgestellt. Die Versuche zeigten, daß der Wagen mit einem Leergewicht von 20 t auch bei einem Ladegewicht von 50 t den Anforderungen des Betriebes genügt.

(Rev. gén, Ch. d. f. Oktober 1928.) Bttgr.

Versuche mit Dampfheizung von Eisenbahnwagen.

Die italienischen Staatsbahnen führten Versuche mit den drei Heizungsarten Haag, Heintz und Westinghouse durch, die sich auf folgende Wahrnehmungen erstreckten: Verbrauchte Dampfmenge, gebildetes Niederschlagswasser, Temperaturverlauf im Wagen und Außentemperatur. Die Versuche erfolgten an Gruppen von jeweils fünf bis zehn Holz- oder Stahlwagen mit Abteilen verschiedener Klassen. Die Versuche dauerten 90 bis 150 Minuten für das Aufheizen und 60 bis 150 Minuten für die Abkühlung nach dem Abstellen der Heizung und führten zu folgenden Feststellungen:

1. Die Zunahme der Innentemperatur erfolgt beim System Haag (Hochdruck) viel rascher als bei den Systemen Heintz oder Westinghouse (Niederdruck).

2. Bei allen Systemen war die Temperaturzunahme in den ersten 30 Minuten größer als in den zweiten und in diesen größer als in den dritten usw.

3. Ebenso war die Temperaturabnahme anfänglich größer als später.

4. Der Dampfverbrauch nimmt mit sinkender Außentemperatur zu. Er ergab sich während einer zweistündigen Aufheizdauer bei

System Heintz Wagenbaustoff Holz Temperaturerhöhung		System Westinghouse Wagenbaustoff Stahl Temperaturerhöhung	
3° bis 19,5°	—5° bis 17°	7,5° bis 20°	—3° bis 11,4°
139 kg	211 kg	135 kg	170 kg

5. Bei gleichen Außentemperaturen steigt der Dampfverbrauch mit steigendem Heizdampfdruck. Versuche wurden mit 2,5 und 5 atü ausgeführt.

6. Der Dampfverbrauch bei Außentemperaturen unter Null ist in der ersten Zeitspanne beträchtlich größer als in den folgenden. Das gleiche gilt für die Menge des gebildeten Niederschlagwassers.

7. Die Menge des gebildeten Niederschlagwassers ist fast unabhängig vom Heizdampfdruck und nimmt mit sinkender Außentemperatur zu.

8. Die Menge des Niederschlagwassers ist beträchtlich geringer als jene des verbrauchten Dampfes; sie betrug kaum 50% des zugeführten Dampfes. Die starken Dampfverluste weisen auf die Wichtigkeit der sorgfältigen Instandhaltung aller Kupplungen, Verbindungen, Hähne und Ventile hin. Schn.

(Notiziario tecnico 1929, Nr. 4.)

Verschiedenes.

68. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure.

Die diesjährige Ingenieurtagung fand mit den üblichen Fachsitzungen vom 22. bis 24. Juni in Königsberg i. Pr. statt. Die goldene Grashof-Denkmünze wurde Prof. Dr. phil. Dr. Ing. E. h. Ludwig Prandtl an der Universität Göttingen in Anerkennung seiner großen Verdienste um die Entwicklung der Strömungslehre und der Lehre von Elastizität und Festigkeit zuerkannt. — Die Tagung war in allen Vorträgen auf den Werkstoff „Holz“ eingestellt, der auf der Werkstoffschau 1926 nicht behandelt werden konnte. Hiermit war eine „Lehrschau Holz“ im Haus der Technik auf der Ostmesse verbunden, die in eingehendster Weise einen Überblick über Entstehung, Vergütung, Erhaltung und Verwendung des Holzes gab. Auch die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft hatte einen zweiachsigen Einheits-Personenwagen II. Klasse eiserner Bauart in verschiedenen Arbeitsstadien zur Schau gestellt, um die vielseitige Verwendung von Holz im modernen Personenwagenbau zu zeigen. Sehr beachtenswert war auch die Abteilung: „Holz im Eisenbahn-Oberbau“ und „Verwendung des Holzes für Brücken- und Hallenbauten, über die insbesondere Reichsbahnrat Schächterle, Stuttgart auf der Tagung sprach.

Der Tagung in Königsberg war ein Besuch Danzigs am 21. Juni voraufgegangen, um in Verbindung mit der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen die dortige Technische Hochschule zu ihrem 25jährigen Bestehen zu beglückwünschen. An den Festakt schloß sich eine gemeinsame Sitzung beider Vereine als „Verkehrstagung“. Diese war, wie auch Prof. Dr. Ing. Pirath, Stuttgart in seinem Vortrage „Verkehrsprobleme der Gegenwart“ erwähnte, aus der Erkenntnis hervorgegangen, daß die Entwicklungsmöglichkeiten der alten und neuen Verkehrsmittel d. h. der Schiffahrt und Eisenbahn einerseits, des Kraftwagens, des Energietransportes in Leitungen und des Luftverkehrs andererseits, zur Förderung der Gesamtwirtschaft die Zusammenarbeit von Verkehrswissenschaftlern und Ingenieuren erforderlich mache. In der Verkehrsanlage tritt der Weg gegenüber dem Fahrzeug in Hinblick auf Technik wie Kosten immer mehr zurück, an dessen zweckmäßigere Gestaltung aber der Maschineningenieur in erster Linie beteiligt sei. Die neuen Verkehrsmittel haben auf eine „Individualisierung“ des Verkehrs eingewirkt, der vielfach mit Unrecht als Zersplitterung und demnach ungesunde Entwicklung angesehen werde. Daraufhin wurden die Grundfragen des Verkehrsproblems erörtert: die Eigenart der Verkehrsmittel, das Verkehrsbedürfnis, das Zusammenarbeiten der Verkehrsmittel. Eine Planwirtschaft im Sinne einer Zuweisung des Verkehrs an das geeignetste Verkehrsmittel könne nicht in Frage kommen, die Wahl müsse den Interessenten überlassen bleiben. Wohl aber sei die Schaffung gesunder Wettbewerbsgrundlagen notwendig, bei denen weitgehende und gleichmäßige Deckung der Ausgaben durch Einnahmen möglich sei. Den Wettbewerb zu regeln würde nicht immer leicht sein, da die Verkehrsmittel für den Verkehr vielfach gleichwertig sind. Auch käme der Protektionismus der öffentlichen Hand in fast allen Ländern hinzu, der ungleiche betriebswirtschaftliche Bedingungen schaffe. Abschließend wurden Studien zur Entwicklung des Weltverkehrs gebracht. Im 2. Vortrage dieser Tagung von Prof. Dr. Ing. Faßbender „Die Hochfrequenztechnik im Dienste der Verkehrssicherung“ wurde auf dem Gebiet des Eisenbahnwesens das Verfahren zur automatischen Bremsung von Zügen beim Überfahren von Haltesignalen angeführt und in der Aussprache auf neue Versuche mit kurzen Wellen zur Befehlsübertragung und Rückantwort in der Rangiertechnik hingewiesen.

Auf der Fachsitzung „Wärmetechnik“ entwickelte Prof. Dr. Ing. E. Schmidt, Danzig, in seinem Vortrage „Versuche über den Wasserumlauf in Dampfkesseln“ seine Theorie des Wasserumlaufs, bei der die Relativgeschwindigkeit des Dampfes gegen das Wasser in der Gemischsäule und die Selbstverdampfung berücksichtigt wird. Die Relativgeschwindigkeit der Dampfblasen gegen das Gemisch nimmt mit wachsender Dampfmenge zu und war in dem untersuchten Bereich 1 bis 2 m/sec d. h. ebenso groß wie die absolute Geschwindigkeit des Gemisches bei Steilrohrkesseln üblicher Abmessungen. Selbstverdampfung tritt in einer aufsteigenden Wassersäule von Sättigungstemperatur auch ohne äußere Beheizung, allein durch die Entlastung von dem hydrostatischen Druck der Wassersäule auf und kann die Verdampfung infolge Wärmezufuhr durch die Rohrwand erheblich übersteigen. Aus ihr ist die bisweilen beobachtete Erscheinung der Umkehr des Wasserumlaufs zu erklären. In der Aussprache wurden Versuche der SSW über Selbstverdampfung und über Wasserumlauf in stehenden Ruths-Speichern mitgeteilt und im Film gezeigt. Als auffällig hat sich ergeben, daß die Schaumhöhe bei hoher Dampfblasengeschwindigkeit niedrig ist. Zur Vermeidung großer Erschütterungen bei der Entladung infolge Selbstverdampfung mußten Trichter in den Speicher eingebaut werden, die die Zirkulation regeln.

In der Fachsitzung „Schweißtechnik“ interessierten die Ausführungen von Dr. Sommer, Düsseldorf über „Fortschritte in der Verwendung hochwertiger Schweißdrähte“, so daß nunmehr für jedes Spezialgebiet, auch für mit Chrom und Kupfer legierte Stähle die geeignetsten Schweißdrähte zur Verfügung stehen, und der Vortrag von Dr. Ing. Holler „Die Azetylenschweißung von Rohrleitungen für Ferngasversorgung“. Es sind bereits 400000 m Rohre von 500 bis 800 mm l. W. und 7 bis 9 mm Wandstärke verlegt, die in Längen von 8 bis 16 m auf der Strecke zusammengeschweißt werden. Neuerdings werden die Rohrenden wellenförmig gestaltet, um Spannungen aufzunehmen. Besondere Aufmerksamkeit erfordert das „Überkopfschweißen“, bei der nur die Rechtsschweißung Anwendung finden sollte.

Przygode.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.

Zum Aufsatz:

Die deutschen 2C1 - Heißdampf - Drilling - Schnellzuglokomotiven der kön. Siamesischen Staatsbahnen.

Längsansicht der 2C1 - Lokomotive.

Längsschnitt.

Querschnitte.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

C. W. Kreidel's Verlag, München.

eft 17

›eptember

NGEN

MÜNCHEN

rch Auftrag-

auf Reichsbahn-

e. 308.

Gesellschaft zur





RKE

1929
84. Jahrgang

Heft 17
1. September

ORGAN
FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN
HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.



Verschiedenes.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens
Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen
Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden
84. Jahrgang 1. September 1929 Heft 17

Die Pfälzischen Rheinbrücken und der Skizzenwettbewerb für drei neue Rheinbrücken.

Von Reichsbahnoberrat **Weidmann** in München.

Der Verlust der ehemaligen deutschen Reichslande und die Umschließung des Saargebietes mit einer Zollgrenze bedeuten für die Pfalz mit ihrer hochentwickelten Landwirtschaft und gleich wertvollen Industrie wegen der verloren gegangenen Absatzgebiete die Einleitung einer wirtschaftlichen Erstarrung. Von Reich, Ländern und nicht zuletzt der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft blieb dieser Zustand nicht lange unbeachtet, doch war es unmöglich, der von der französischen Besatzung schwer gedrückten Pfalz durch Stärkung des Wirtschaftslebens zu helfen. Immerhin sind während dieser Zeit Pläne gereift, bei denen dieses Ziel ins Auge gefaßt war.

Der die badisch-pfälzische Grenze bildende Rhein wird bei Ludwigshafen-Mannheim, sowie bei Germersheim auf eisernen zweigleisigen Eisenbahnbrücken, dann bei Speyer (Abb. 1) und Maximiliansau-Maxau (Abb. 2) auf Eisenbahnschiffbrücken*) überquert. Keine dieser Brücken entspricht in ihrer Tragfähigkeit den heutigen Verkehrsansprüchen.

Die beiden Eisenbahnschiffbrücken sind, sofern überhaupt irgendwo anders gleichem Zweck dienende ähnliche Brücken bestanden haben sollten, schon jahrzehntelang im Deutschen Reiche die letzten ihrer Art. Vom brückentechnischen Standpunkt aus kann ihnen wegen ihrer Überalterung, geringen Tragfähigkeit, teueren Betriebs- und großen Unterhaltungskosten nur brückengeschichtlicher Wert beigemessen werden.

Die eiserne Brücke bei Germersheim (Abb. 3) wurde in den Jahren 1873/74 gebaut. Ihre Tragfähigkeit entspricht nicht den Anforderungen der heute maßgebenden Lastenzüge, doch ist eine, sie für eine Reihe von Jahren noch verwendungsfähig machende Verstärkung möglich und es soll diese auch im Laufe dieses Jahres durchgeführt werden.

Zu den ältesten aller Rheinbrücken zählen die heute noch im Betrieb befindlichen, unmittelbar nebeneinander gelegenen Eisenbahn- und Straßenbrücken zwischen Ludwigshafen und Mannheim (Abb. 4). Beide Brücken wurden in dem Jahre 1868 fertiggestellt. Die Hauptträgerabstände betragen bei der zweigleisigen Eisenbahnbrücke 8,5 m und bei der Straßenbrücke 7,5 m. Sowohl die Eisenbahn- als auch die Straßenbrücke besitzt je einen, außerhalb der Fahrbahn liegenden Fußweg von 1,8 m Breite. Zwischen den Widerlagern beträgt die Lichtweite jeder der beiden Brücken 270 m, die durch zwei Strompfeiler in drei gleiche Teile geteilt ist. Jede der drei Öffnungen mißt zwischen den Pfeilern 87,33 m. Die Systemhöhe jedes Hauptträgers ist mit 10 m und die Entfernung benachbarter Querträger mit je 4,5 m festgelegt. Als Abschluß der Eisenüberbauten dienen auf beiden Brückenwiderlagern schöne Steinportale (Abb. 5) nach dem Entwurfe des Professors Durm in Karlsruhe. Die Rheinbrücke zwischen Ludwigshafen und Mannheim ist in einer Zeit entstanden, da Ludwigshafen erst wenige Jahre Stadtrechte besaß. Es ließ sich damals nicht das bald einsetzende amerikanische Wachstum dieser Industriestadt und des mit ihr Schritt haltenden Mannheim voraussehen. Schon lange vor dem Beginne des Weltkrieges war die Leistungsmöglichkeit der Straßenbrücke erschöpft und die Tragfähigkeit der Eisenbahnbrücke als ungenügend erkannt.

*) In der Nähe der festen Eisenbahnbrücke Germersheim wird der Rhein noch von einer nur leichtem Straßenverkehr dienenden Schiffbrücke überquert.

Den herrschenden Zuständen Rechnung tragend, hat nunmehr zur Erlangung guter Gestaltungspläne für die zwischen Ludwigshafen und Mannheim, bei Speyer und Maxau über den Rhein zu erbauenden neuen Brücken das Reichsverkehrsministerium in Verbindung mit der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft und den in Betracht kommenden Länderregierungen im vergangenen Sommer einen Skizzenwettbewerb ausgeschrieben. Zwischen Ludwigshafen und Mannheim kommt der Bau einer zweigleisigen Eisenbahnbrücke in Betracht. Während für Speyer der Bau einer eingleisigen Eisenbahnbrücke und getrennt davon, doch auf gemeinsamen Unterbauten die Erbauung einer Straßenbrücke als Notwendigkeit bezeichnet wurde, soll für Maxau neben einer gleichartigen Straßenbrücke eine zweigleisige Eisenbahnbrücke ausgeführt werden.

Die Tragfähigkeit der sämtlichen, neuen Eisenbahnbrücken wird für den Lastenzug „N“ bemessen. Auf jedem Gleis ist hierbei die gleichzeitige Wirkung von zwei je 175 Tonnen schweren Tenderlokomotiven und eine Anzahl ein- oder zweiseitig sich anschließender vierachsiger je 80 Tonnen schwerer Großgüterwagen in ungünstigster Stellung für die Berechnung anzunehmen. Die zwischen Ludwigshafen und Mannheim geplante neue Eisenbahnbrücke soll 15,5 m oberhalb der Gleisachse der jetzigen Eisenbahnbrücke errichtet werden, wobei auf die bestehende Brücke bei der Formgebung Rücksicht genommen werden soll. Für den Entwurf kann eine Lösung nach Art der bestehenden, mit drei Öffnungen oder auch eine solche mit Überbrückung des Rheines in einer einzigen Öffnung vorgeschlagen werden. Der Skizzenwettbewerb für die drei neuen Rheinbrücken fand eine sehr rege Beteiligung. Bis zu dem als Ablieferungstermin festgesetzten 13. Oktober 1928 waren einschließlich der Nebenentwürfe für die Brücke bei Ludwigshafen-Mannheim 138, für die Brücke bei Speyer 125 und für die Brücke bei Maxau 124 Entwürfe eingereicht worden, so daß es nicht möglich war, die für die drei Brücken gebildeten, unter dem Vorsitz des Ministerialdirektors Knaut vom Reichsverkehrsministerium stehenden Preisgerichte für die drei Brücken gemeinsam zusammentreten zu lassen. Es mußten vielmehr für jede der drei Brücken die Entscheidungen gesondert gefällt werden.

I. Ludwigshafen-Mannheim.

Für die Überbrückungsmöglichkeiten des Rheines zwischen Ludwigshafen und Mannheim waren durch Vorbearbeitungen und Kostenvergleiche von der Reichsbahn nicht unwesentliche Ersparnisse bei Errichtung einer dreiteiligen Brücke gegenüber einer solchen mit zwei oder gar mit nur einer Öffnung festgestellt worden. Letztere wird für die Schiffahrt die größeren Vorteile bieten, sobald die gegenwärtige Brücke ebenfalls in eine solche mit nur einer Öffnung umgebaut ist. Bis zu diesem Zeitpunkt bietet der Bau einer den Rhein in einer Öffnung überspannenden, unmittelbar neben der alten Brücke gelagerten neuen Brücke der Schiffahrt keinerlei Vorteile.

Auch der dem Zivilingenieur Kilgus aus Breslau mit dem ersten Preis ausgezeichnete Entwurf trug dieser Überlegung Rechnung (Abb. 6). Er schlägt Parallelfachwerkträger mit steigenden und fallenden Streben über drei Öffnungen vor und stützt diese durchlaufenden Hauptträger auf den jeweils verlängerten Pfeilern der alten Brücke. In ihrer Tragfähigkeit





Abb. 1. Eisenbahnschiffbrücke bei Speyer.
(Die Brückenschiffe sind für den Zugverkehr geschlossen aneinandergereiht.)

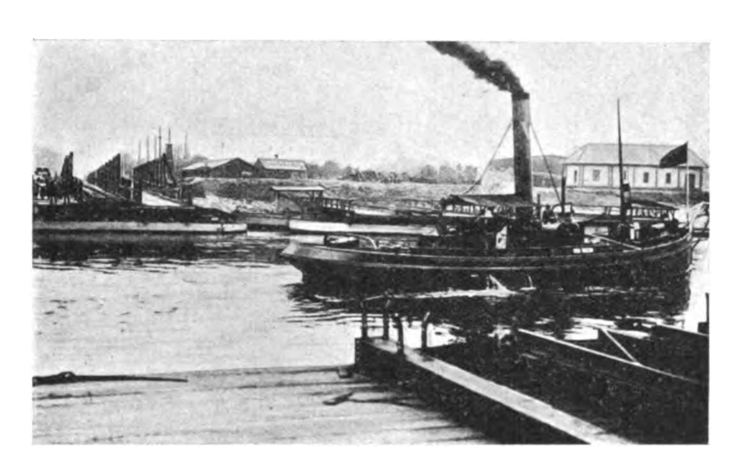


Abb. 2. Eisenbahnschiffbrücke bei Maximiliansau-Maxau
(für den Schiffverkehr geöffnet).

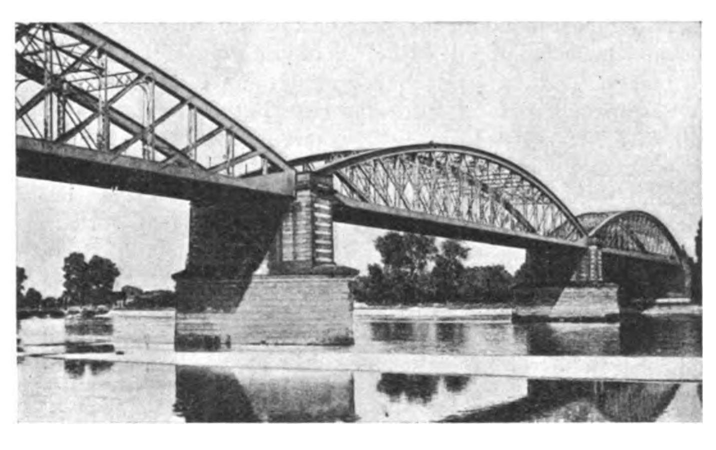


Abb. 3. Eisenbahnbrücke bei Germersheim.

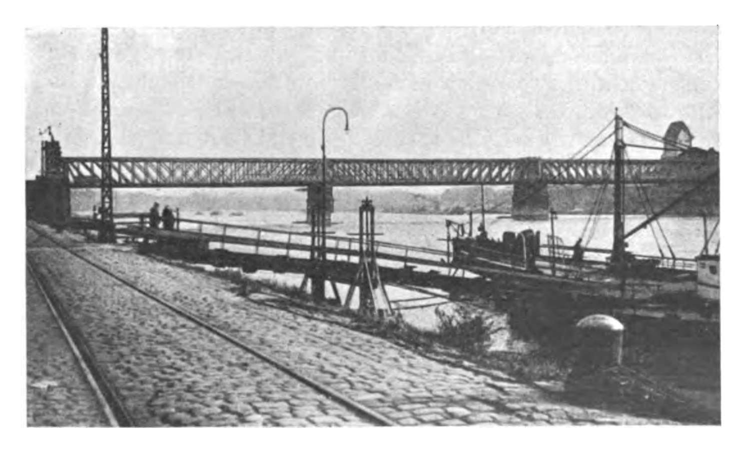
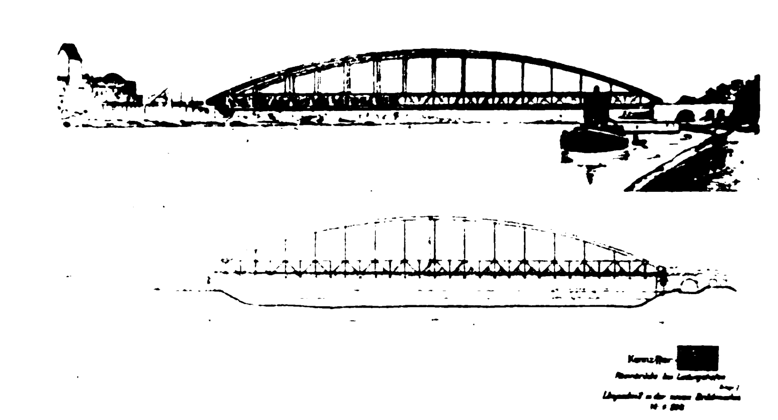


Abb. 4. Eisenbahn- u. Straßenbrücke zwischen Ludwigshafen u. Mannheim.



Abb. 5. Portal der Rheinbrücke Ludwigshafen-Mannheim
(auf der Ludwigshafener Seite).



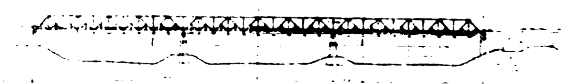
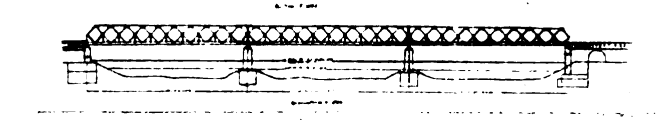


Abb. 6. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. I. Preis. Verfasser: Zivilingenieur E. M. Kilgus, Breslau. Perspektiven dargestellt von Kunstmaler Beuthner und Architekt Pfafferott, beide in Breslau.



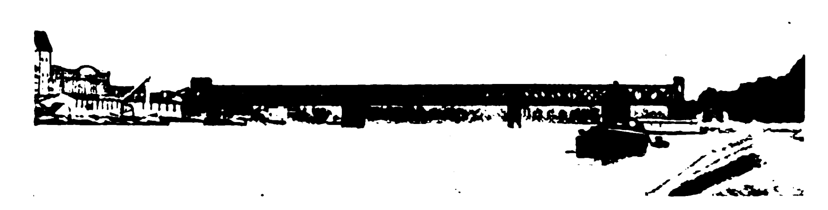


Abb. 7. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. II. Preis. Verfasser: Reichsbahnoberrat Krabbe, Mitglied der Reichsbahndirektion Essen.

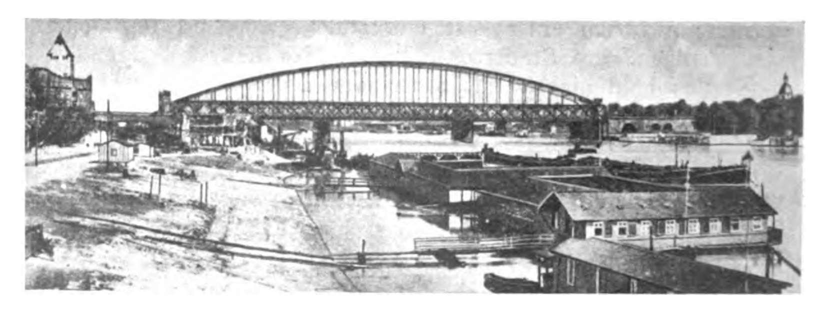


Abb. 8. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. III. Preis. Verfasser: Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G., Werk Gustavsburg, Gustavsburg bei Mainz; Grün & Bilfinger A.-G., Mannheim; Künstlerischer Berater: Baudirektor Abel, Köln.

den Maximal-Anforderungen des Eisenbahnverkehrs entsprechend, können diese Träger, sobald an Stelle der jetzigen Brücken eine den Rhein in einer Öffnung überspannende Brücke erstellt ist, durch jeweiligen innigen Verbund mit gleichen Hauptträgern und Überspannung dieser so entstehenden Doppelträger mit einem gemeinsamen Stabbogen, ohne Betriebsstörung zur weitgespannten Brücke umgestaltet werden („Langerscher Balken"). Die beim zweiten Ausbau als Versteifungsträger dienenden Parallelfachwerkträger sind 9,13 m hoch vorgesehen. Die versteiften Stabbögen erhalten eine Stützweite von 278 m. Die Scheitel der Bögen liegen bei 11,1 m Mittenabstand 26 m über dem Versteifungsträger. Der Vorteil dieser Bauweise besteht darin, daß für die weitgespannte Brücke Mittel erst dann aufzuwenden sind, wenn ein solcher Überbau auch wirksam gemacht werden kann.

Für einen über drei Öffnungen mit 90,8 + 91,3 + 90,8 m Stützweite ohne Gelenke durchlaufenden Parallelträger mit Rautenfachwerk wurde dem Reichsbahnoberrat Krabbe in Essen der zweite Preis zuerkannt (Abb. 7). In der Formgebung zeigt dieser Träger große Ähnlichkeit mit denen der Weseler Rheinbrücke. Jedoch wird durch die Einfügung kurzer Pfosten in die Rautenberührungspunkte hier neben der besseren statischen Wirksamkeit auch der Anschluß der Querträger mittels dieser Pfosten konstruktiv befriedigender zur Geltung gebracht. Über den Strompfeilern sind biegungssteife Doppelpfosten vorgesehen. Die Systemhöhe der Hauptträger beträgt 10 und ihr gegenseitiger Abstand 9,7 m.

Ein von dem Werk Gustavsburg der MAN eingereichter Entwurf, der als sogenannter „Langerscher Balken" in einer einzigen Öffnung die ganze Strombreite mit 274 m Stützweite überspannt, wurde mit dem dritten Preis ausgezeichnet (Abb. 8 und 9). Die geometrische Systemhöhe des parallelgurtigen Versteifungsträgers mit Rautenfachwerk beträgt 9,5 m, die Pfeilhöhe des Bogens über dem Obergurt des Versteifungsträgers 25 m, bei 14 m Hauptträgerabstand.

Der mit dem vierten Preis ausgezeichnete Entwurf des Dipl.-Ing. Max Haaf in Mannheim und seines Mitarbeiters Architekt Vorholz in Ludwigshafen zeigt Schlichtheit, verbunden mit konstruktiver Klarheit und steht zu vielen anderen Entwürfen damit im Gegensatz (Abb. 10). Jeder der drei Überbauten dieses Entwurfes zeigt als Ausfachung nach der Mitte zu fallende Streben. Wenn das Los dieses Entwurfes auch kaum darin bestehen wird, ausgeführt zu werden, so ist die Bedingung des Ausschreibens, daß auf die bestehende Brücke bei der Formgebung der neuen Brücke Rücksicht zu nehmen sei, in weitestgehender Weise erfüllt.

Der durch Ankauf von 1000 *R.M.* ausgezeichnete Entwurf der Firma Louis Eilers in Hannover-Herrenhausen läßt in der außergewöhnlichen Höhe des Stabbogens und dem knapp bemessenen Hauptträgerabstande von nur 10 m die Absicht erkennen, die Brücke mit dem geringstmöglichen Materialaufwand auszuführen (Abb. 11). Seitlich der Brückenuntergurte sind besondere Windgurtträger angebaut und hierdurch eine Höhe der wagrechten Windträger von $h = 1/20 . l = 13{,}5$ m erzielt worden. Über diesen Ausbauten sind außerhalb der Hauptträger die Fußwegträger angeordnet. Ob das Verhältnis des geringen Hauptträgerabstandes zu der großen Brückenlänge zur Erzielung ausreichender Quersteifigkeit der ganzen Brücke genügt, kann nicht ohne weiteres entschieden werden.

Große Ähnlichkeit mit dem preisgekrönten Entwurfe von Reichsbahnoberrat Krabbe zeigt der durch Ankauf mit 1000 *R.M.* ausgezeichnete Entwurf von Prof. Dr. Maier Leibnitz in Stuttgart (Abb. 12). Auch hier werden die drei Öffnungen mit durchlaufenden Trägern überspannt, deren Höhe 9,13 m beträgt. Die Füllglieder sind als Rautenfachwerk angeordnet. In den Berührungspunkten der Rauten stellen kurze Pfosten Verbindungen mit dem Untergurt her und dienen zum Anschluß der Querträger. Als Stabilitätspfosten sind in den beiden Seitenöffnungen je ein senkrechter und in der Mittelöffnung zwei wagrechte Pfosten eingebaut. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, über jeder Öffnung die Montage des jeweiligen Hauptträgerteiles gesondert auszuführen, was eine Erleichterung der Bauausführung bedeuten dürfte.

Hat in den bisher beschriebenen Entwürfen die Bestimmung des Ausschreibens: „Auf die bestehende Brücke ist bei der Formgebung der neuen Brücke Rücksicht zu nehmen" weitgehend Anwendung gefunden, so zeigt der von Professor Dr. Gaber in Karlsruhe eingereichte und durch Ankauf übernommene Entwurf im Gegensatz zu der angeführten Bestimmung des Ausschreibens eine vollwandige Bogenbrücke mit Kragarmen und Zugband (Abb. 13). Fraglos kann man der Ansicht zustimmen, daß man Bauwerke einer neuen Zeit nicht mit dem Ballast der Anpassung an alte, mehr oder minder dem Abbruch entgegenreifender Brücken beschweren sollte. Beim Entwurf Gaber erfolgt die Überbrückung des Rheines durch einen schlanken, vollwandigen Bogenträger mit Zugband von 272,4 m Stützweite. Die beiden Enden sind zur Überbrückung von Straßen als Kragträger mit 45,8 m Länge auf der Ludwigshafener und 27,5 m auf der Mannheimer Seite ausgebildet. Der Hauptträgerabstand beträgt 12 m und die Pfeilhöhe des Bogens über dem Zugband 28,6 m. Sowohl die mit nur 4 m im Scheitel bemessene Bogenhöhe wie auch die sonstige Schlankheit des Bogens dürften bezüglich der Knicksicherheit einer genauen statischen Durchrechnung kaum standhalten.

Als neue Erscheinung des Brückenbaues sind die in den letzten Jahren zur Ausführung gekommenen weitgespannten vollwandigen Blechträgerbrücken mit kastenförmigen Querschnittsausbildungen der Hauptträger aufzufassen. Die Friedrich-Ebert-Brücke in Mannheim dürfte hier bahnbrechend gewirkt haben. In schöner schlanker Form überspannt diese als Gerberscher Gelenkträger den Neckar.

Bei dem Skizzenwettbewerb der Rheinbrücke Ludwigshafen-Mannheim lag es nahe, die Anwendung eines mehrwandigen Blechträgers auch in der Ausführung als Eisenbahnbrücke vorzuschlagen. Von den verschiedenen eingereichten Entwürfen dieser Art wurde der des Zivilingenieur Bruno Schulz in Berlin-Grunewald angekauft (Abb. 14). Als durchlaufender doppelwandiger Blechträger überspannt er den Rhein in drei Öffnungen von je 91,3 m Stützweite bei 10,2 m Hauptträgerabstand und 4,2 m kleinster und über den Stützpunkten mit 5,7 m größter Trägerhöhe. Durch die vollwandige Anordnung und die verhältnismäßig geringe Höhe dieser Träger werden die Hauptträger der alten Brücke nur wenig verdeckt, so daß auch hier die Bedingung des Ausschreibens bezüglich der Sichtbarkeit der letzteren erfüllt ist. Bei dem angegebenen Hauptträgerabstand ist das auf der Brücke beschäftigte Bahnpersonal noch gesichert, da es möglich ist, während des Zugverkehrs neben den Hauptträgern ungefährdet zu stehen. Der außerhalb des Hauptträgers liegende vorgeschlagene Fußweg könnte entfallen oder müßte doch so hoch angebracht werden, daß von ihm aus die Fahrbahntafel bei Dienstbegängen leicht überblickt werden kann. Zweifelhaft erscheint es jedoch, ob bei der vorgeschlagenen Ausführung der Brücke die Durchbiegungen der Hauptträger noch innerhalb statthafter Grenzen liegen.

Außer den besprochenen durch Preise oder Ankäufe ausgezeichneten Entwürfen war unter den eingereichten 135 noch manch guter enthalten, der wegen der eng gezogenen Grenzen für die auszuzeichnenden Pläne die ihm gebührende Anerkennung nicht finden konnte. Eine Besprechung auch dieser Entwürfe würde zu weit führen.

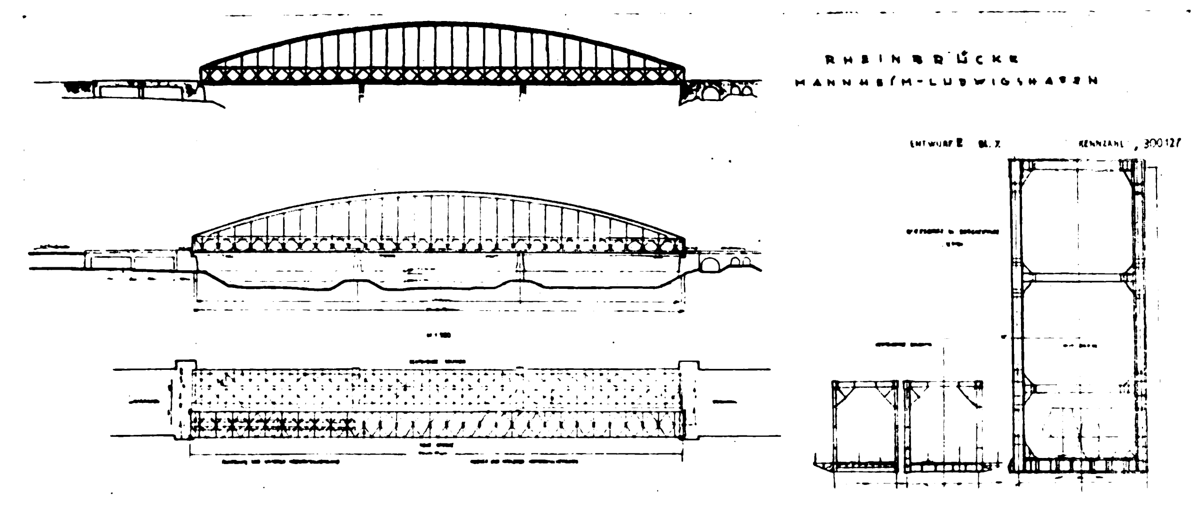
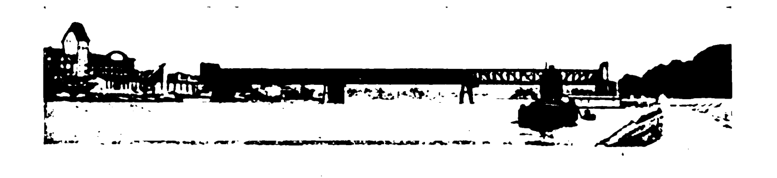


Abb. 9. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. III. Preis. Verfasser: siehe Abb. 8.



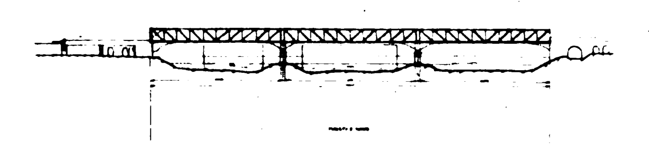
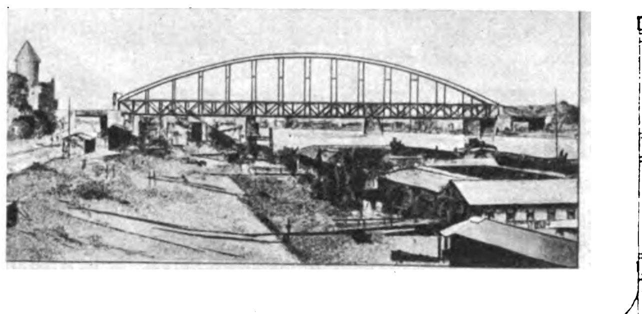


Abb. 10. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. IV. Preis. Verfasser: Dipl. Ing. Max Haaf, Mannheim - Neuostheim. Mitarbeiter: Architekt Wilhelm Vorholz, Ludwigshafen a. Rh.



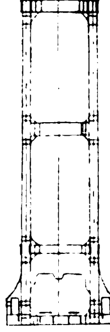


Abb. 11. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. Ankauf 1000 ℛℳ. Verfasser: Louis Eilers, Hannover-Herrenhausen. Architekt: Prof. German Bestelmeyer, München.

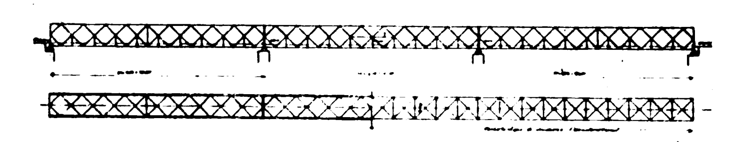


Abb. 12. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. Ankauf 1000 ℛℳ. Verfasser: Prof. Dr. Ing. Maier-Leibnitz, Stuttgart. Architekt: Regierungsbaumeister Alfred Daiber, Stuttgart.

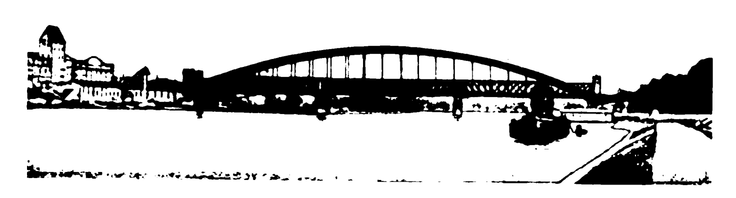


Abb. 13. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. Ankauf 500 ℛℳ. Verfasser: Prof. Dr. Ing. Gaber, Karlsruhe in Verbindung mit Architekt Esch, Mannheim und Hr Honnef, Dinglingen.



Abb. 14. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. Ankauf 500 ℛℳ. Verfasser: Bruno Schulz, Berlin-Grunewald in Verbindung mit Walter Straßmann, Magistratsoberbaurat, Berlin-Wilmersdorf, als Architekt.



Abb. 15. Rheinbrücke bei Speyer. I. Preis. Verfasser: Baurat Dr. Ing. Friedrich Voß, Kiel, unter Mitwirkung von Landesbaurat Klatt, Kiel.

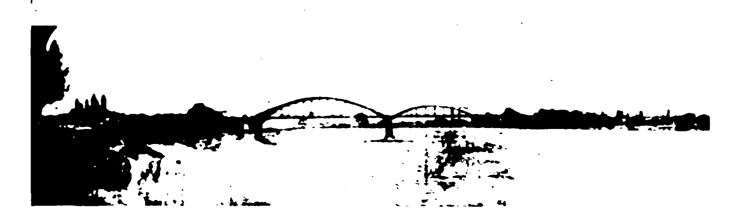


Abb. 16. Rheinbrücke bei Speyer. II. Preis. Verfasser: Architekt BDA Karl Rotermund, Bremen. Ingenieure: Richard Muhr, Paul Köpke, Reinhold Balcke, Walter Hannemann.

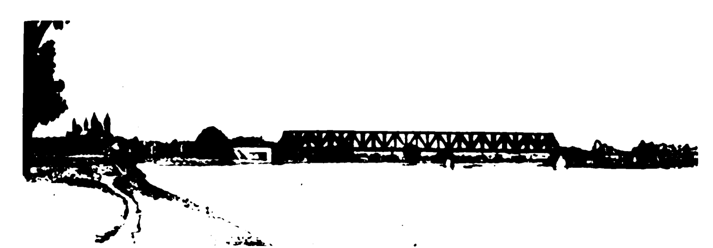


Abb. 17. Rheinbrücke bei Speyer. III. Preis. Verfasser: Beuchelt & Co., Grünberg (Schlesien).

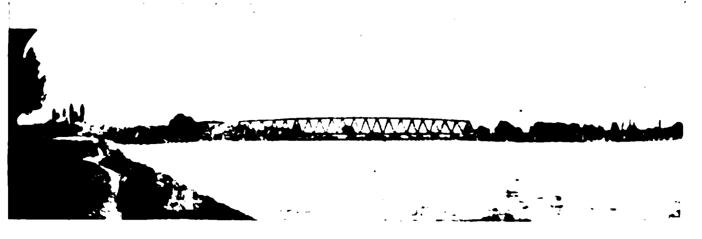


Abb. 18. Rheinbrücke bei Speyer. IV. Preis. Verfasser: Dr. Ing. Georg Müller, Regierungsbaumeister, Privatdozent an der Technischen Hochschule Berlin, Berlin-Lankwitz.

II. Die Rheinbrücke bei Speyer.

Während für die Rheinbrücke Ludwigshafen-Mannheim örtliche Schwierigkeiten, so die auf beiden Ufern vorhandenen, zu der Brückenfahrbahn stark ansteigenden Rampen, ferner die zur Verfügung stehende geringe Konstruktionshöhe der Fahrbahntafel, sowie die Rücksichten auf die Überbauten der alten Brücke die Entwurfsarbeiten erschwerten, liegt bei der Speyer-Rheinbrücke der Schwerpunkt der Entwurfsbearbeitung in einer Einfügung der neuen Brücke in das vom alten Kaiserdom beherrschte Landschaftsbild.

Fraglos kann aber hier auch ein „zu viel" der Unterordnung schädlich sein, zumal wenn man in Erwägung zieht, daß in einer neuzeitlichen Stahlbrücke auch ein Bauwerk, für Jahrhunderte geschaffen, erblickt werden kann. Es wäre daher gänzlich verfehlt, wenn der Ansicht Raum gegeben werden sollte, die neue Rheinbrücke müsse vor dem alten Dome zur Bedeutungslosigkeit herabsinken. Es können ohne gegenseitige Einbuße zwei formvollendete Bauwerke im gleichen gesichtsfeldbegrenztem Raume stehen!

Der mit dem ersten Preise für die Brücke bei Speyer ausgezeichnete Entwurf des Baurats Dr. Voß in Kiel sieht für die Stromüberbauten zwei vollwandige Bogenträger mit Zugband von 160,5 + 106,4 m Stützweite vor (Abb. 15). Der Hauptträgerabstand bei der Straßenbrücke beträgt 9,5 und bei der Bahnbrücke 8 m. Die Pfeilhöhe der Bogen über dem Zugband beträgt 21,4 bzw. 13,3 m. Die Flutüberbauten sind aus einwandigen Blechträgern von je 33,7 m Stützweite mit einer Stehblechhöhe in der Mitte der Öffnungen von 2,5 und an den Auflagen von 3 m Höhe gebildet. Ob es ästhetisch richtig ist, für die beiden vollwandigen Bogenträger der Stromüberbauten das gleiche Motiv in verschiedenem Maßstabe zu wiederholen, dürfte keine ungeteilte Zustimmung finden, doch sind Linienführung und die technische Ausführung des Entwurfes sehr befriedigend.

Das dem Architekten Karl Rotermund in Bremen in Gemeinschaft mit den Ingenieuren Muhr, Köpke, Balcke und Hannemann mit dem 2. Preis ausgezeichnete Bauwerk ähnelt in der Ausführung stark der mit dem ersten Preise ausgezeichneten Brücke (Abb. 16) und es dürfte hier wohl die Frage berechtigt sein, ob es nicht richtiger gewesen wäre, statt zwei Brücken gleichen Brückensystems zu prämiieren auch ein anderes Brückensystem, das die gestellten Anforderungen einwandfrei erfüllt, auszuzeichnen?

Die Firma Beuchelt in Grünberg hatte für die Stromüberbauten durchlaufende Parallelfachwerkträger mit Stützweiten von 161,6 + 107,0 m ausgearbeitet (Abb. 17). Als Ausfachung dient ein Strebenfachwerk mit Hilfspfosten. Die Systemhöhe der Träger beträgt 16 m. Die Flutbrücken sind auch hier durchlaufende vollwandige Blechträger. Der schlichte, ruhige Eindruck der Brücke berechtigte die Zustellung des dritten Preises für diesen Entwurf.

Der vierte Preis wurde dem Dr. Georg Müller, Privatdozent an der Technischen Hochschule Berlin, für seinen Entwurf zuerkannt (Abb. 18). Für die Stromüberbauten sieht dieser einen durchlaufenden Fachwerkträger, symmetrisch zu den beiden Uferpfeilern mit schwach gekrümmtem Obergurt vor. Die Stützweiten betragen 162,5 + 107,1 m. Ohne Rücksichtnahme auf die Pfeilerstellung ist dem Fachwerkträger in der Mitte zwischen den Uferpfeilern eine Systemhöhe von 17,5 m und an den Auflagen von 13 m erteilt. Zur Ausfachung dient ein Strebenfachwerk ohne Pfosten. Als Flutüberbauten dienen auch hier durchlaufende Blechträger von 30 m Stützweite. Durch die einheitliche Zusammenfassung der beiden Stromöffnungen und die ruhige Linienführung ist hier ein guter Eindruck des Entwurfes erzielt worden.

Ein diesem Entwurf ähnlicher wurde durch Ankauf von 1000 ℛℳ der MAN Werk Gustavsburg ausgezeichnet (Abb. 19).

Ebenfalls mit 1000 ℛℳ angekauft wurde der Entwurf von Bruno Schulz, Berlin-Grunewald: Ein Bogenträger mit einem biegungsfesten Zugbalken (Abb. 20). Die Stützweiten der Stromüberbauten betragen 161,5 + 105 m, wobei Bogen und Zugbalken durch Pfosten steif miteinander verbunden, die Biegungsmomente gemeinsam aufnehmen sollen. Weitere Ankäufe zu 500 ℛℳ wurden betätigt für einen Entwurf der Firma Harkort in Duisburg und für zwei weitere, von denen der eine von dem Zivilingenieur Dr. Kirchhoff in Berlin und der andere von dem Oberbaurat Alexander Brauer in Berlin eingereicht wurde.

Ein aus dem Rahmen üblicher Ausführungen fallender Entwurf wurde von dem Dipl.-Ing. Leibbrand in Stuttgart durch Ankauf mit 500 ℛℳ erstanden (Abb. 21). Die Haupt- und Nebenöffnungen dieser Brücke werden vermittels durchlaufender Balkenträger gebildet, die aus hochkant stehenden, miteinander vernieteten breitflanschigen Walzträgern bestehen. Durch die Einspannung dieser Träger in das Pfeiler- und Widerlagermauerwerk verschieben sich die statischen Wendepunkte der Biegungslinie möglichst weit nach der Mitte der Hauptöffnung, so daß das zwischen den Wendepunkten liegende Mittelstück der Träger verhältnismäßig kurz ausfällt. In der trotz mangelhafter Durcharbeitung des Entwurfes zum Ausdruck gebrachten Theorie ist ein im Stahlbrückenbau nicht üblicher Weg angedeutet, der erfahrenen Brückeningenieuren die Möglichkeit bieten könnte, größere Stützweiten vorteilhaft zu überbrücken.

III. Die Rheinbrücke bei Maxau.

Die für die Brücke bei Maxau vorgesehene Baustelle stellt keine Anforderungen bezüglich besonderer Verhältnisse, die im Skizzenwettbewerb für die Brückengestaltung als ausschlaggebend zu berücksichtigen wären.

Der Firma Louis Eilers in Hannover-Herrenhausen wurde für ihren Entwurf, ein durchlaufender Blechträger ohne Gelenke mit drei Öffnungen von 31,6 + 180,8 + 79 m, von denen die Hauptöffnung als Bogenträger mit Zugband ausgebildet ist, der erste Preis zuerkannt (Abb. 22). Der Bogen hat eine Pfeilhöhe von 24 m über dem Zugband. In jedem Knotenpunkte der Bogenbrücke ist ein Vollrahmen vorgesehen, wodurch sich ein oberer Verband zwischen den Hauptträgern erübrigt. Der mit großer künstlerischer Freiheit durchgeführten architektonischen Gestaltung des Entwurfes dürfte ein nicht unwesentlicher Teil des erzielten Erfolges zuzuschreiben sein.

Der mit dem zweiten Preis ausgezeichnete, von den Regierungsbauräten Berndt und Klein in München bearbeitete Entwurf zeigt eine gute brückentechnische Lösung der gestellten Aufgabe (Abb. 23). Ein die Hauptöffnung überspannender, vollwandiger Bogenträger von 182 m Stützweite mit Zugband ist vermittels Kragarmen mit den unter der Fahrbahn liegenden Blechträgern der Seitenöffnungen verbunden. Der Bogenscheitel der Hauptöffnung liegt 24,5 m über dem Zugband. Die Stehblechhöhe des eingehängten Blechträgers beträgt 3,6 und seine Stützweite 41,0 m. Der Abstand der Hauptträger ist bei der Bahnbrücke mit 9,8 und bei der Straßenbrücke mit 10,2 m bemessen.

Der dritte Preis wurde dem nachfolgend beschriebenen, von der MAN Werk Gustavsburg bearbeiteten Entwurfe erteilt (Abb. 24 und 25). Ein Parallelfachwerk von 16,5 m Systemhöhe, dessen Ausfachung als Strebenfachwerk ohne Pfosten gebildet ist, überspannt die 176 m Stützweite betragende Pfeilerstellung der Hauptöffnung und schießt mit einer Auskragung von 28 m in den 99 m betragenden Pfeilerabstand der Seitenöffnung über, so daß sich für den hier eingehängten Träger der Seitenöffnung eine Stützweite von 71 m ergibt. Die Abstände der Hauptträger bei Eisenbahn- und Straßenbrücken betragen 9,6 und 10 m. Der Entwurf ist eine un-

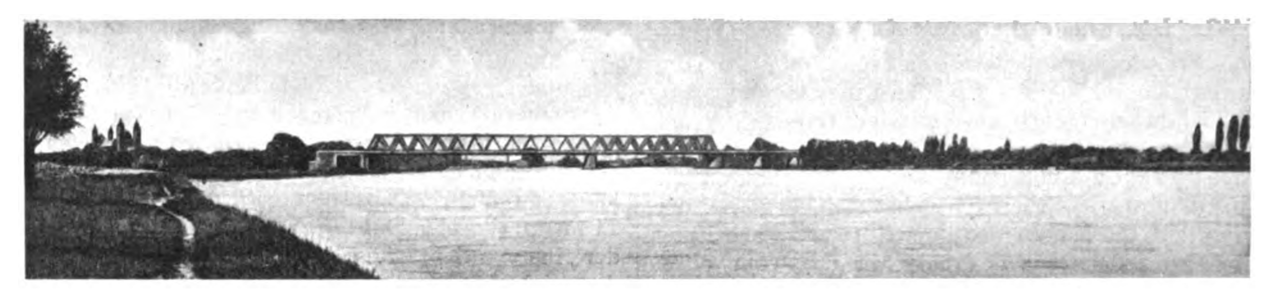


Abb. 19. Rheinbrücke bei Speyer. Ankauf 1000 *RM*. Verfasser: Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G., Gustavsburg, Gustavsburg bei Mainz; Grün & Bilfinger A.-G., Mannheim; Künstlerischer Berater: Baudirektor Abel, Köln.

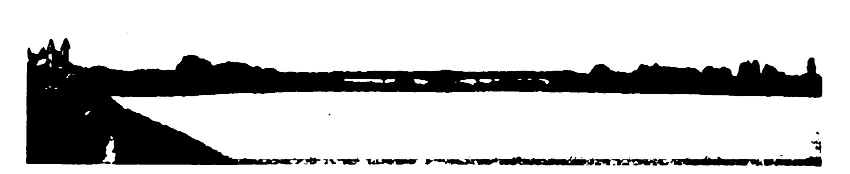


Abb. 21. Rheinbrücke bei Speyer. Ankauf 500 *RM*. Verfasser: K. E. Leibbrand, Dipl.-Ing., Stuttgart.



Abb. 20. Rheinbrücke bei Speyer. Ankauf 1000 *RM*. Verfasser: Bruno Schulz, Berlin-Grunewald in Verbindung mit Walter Straßmann, Magistrats-Oberbaurat, Berlin-Wilmersdorf.

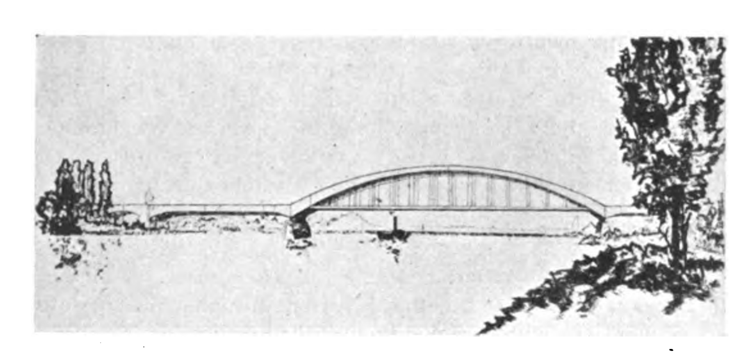


Abb. 22. Rheinbrücke bei Maxau. I. Preis. Verfasser: Louis Eilers, Hannover-Herrenhausen. Architekt: Prof. Dr. German Bestelmeyer, München.



Abb. 23. Rheinbrücke bei Maxau. II. Preis. Verfasser: Regierungsbaurat Berndt als Architekt und Regierungsbaurat Klein als Ingenieur, München.

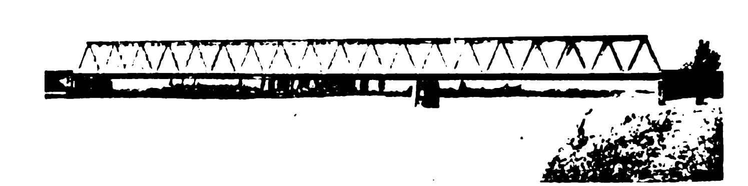


Abb. 24. Rheinbrücke bei Maxau. III. Preis. Verfasser: Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G., Werk Gustavsburg, Gustavsburg bei Mainz; Grün & Bilfinger A.-G., Mannheim; Künstlerischer Berater: Baudirektor Abel, Köln.

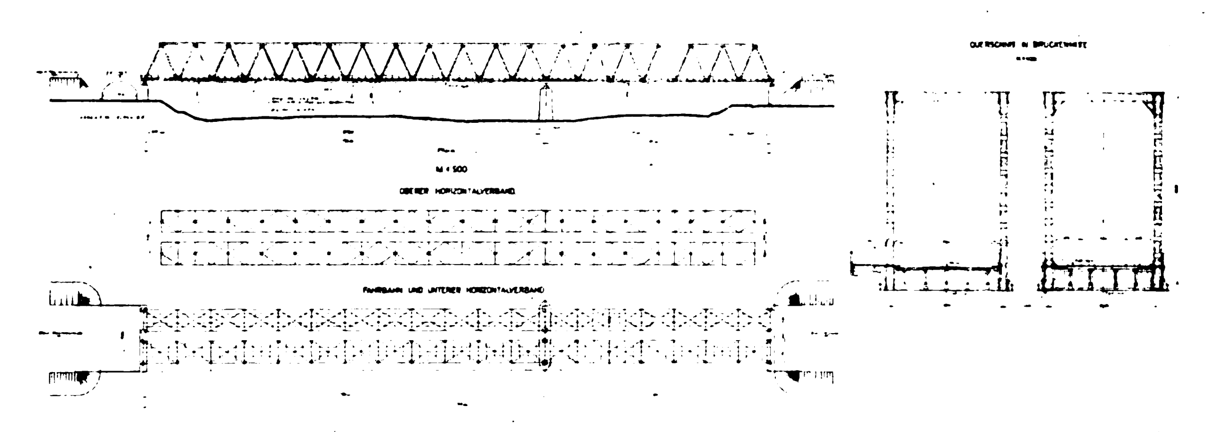


Abb. 25. Rheinbrücke bei Maxau. III. Preis. Verfasser: siehe Abb. 24.

gezwungene, einfache natürliche Lösung der Überbrückung des Rheines bei Maxau, bei der die Pfeilerstellung zur Bedeutungslosigkeit herabgedrückt ist. Von den preisgekrönten und angekauften Entwürfen paßt er am besten in den landschaftlichen Charakter der Gegend; die Durcharbeitung des Entwurfes dürfte ihn auch als sehr wirtschaftlich erweisen.

Der mit dem vierten Preis ausgezeichnete Entwurf der Siemens Bau-Union G. m. b. H. in Berlin-Siemensstadt zeigt große Ähnlichkeit mit dem vorbesprochenen Entwurfe, ohne ihm jedoch ganz gleich zu kommen (Abb. 26).

Unter den weiteren Entwürfen ist der von der Firma B. Seibert in Aschaffenburg mit 1000 *ℛℳ* angekaufte eine gute Leistung (Abb. 27). Ein vollwandiger Bogenträger von 180,8 m Stützweite mit Zugband in der Hauptöffnung und ein 51,7 m weit gestützter doppelwandiger Blechträger von 3,5 m

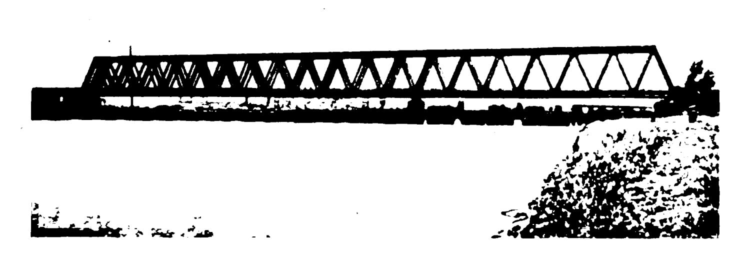


Abb. 26. Rheinbrücke bei Maxau. IV. Preis. Verfasser: Siemens-Bauunion G. m. b. H. Berlin-Siemensstadt, Dipl.-Ing. Friedrich Rottmayer, Architekt BDA, Berlin-Charlottenburg.

Stehblechhöhe, der auf der einen Seite auf einem 25,5 m langen Tragarm des Bogenträgers ruht, in der Nebenöffnung, sind die Kennzeichen dieses Entwurfes. Der Bogenträger hat 23,85 m Pfeilhöhe über dem Zugband.

Auch die mit je 500 *ℛℳ* angekauften Bearbeitungen von Entwürfen von Ludwig Schmidt in Heidelberg, Hein-Lehmann & Co. A.-G. in Düsseldorf, Flender A.-G. in Benrath sind durchwegs gute Leistungen.

Schlußbetrachtung.

Wenn man früher in Deutschland den Bau großer Brücken einem Wettbewerb unterstellte, so konnten die dabei zu erfüllenden Bedingungen nur durch gründliche praktische und tiefschürfende theoretische Erfahrungen erfüllt werden. Im allgemeinen waren es nur wenige, die in diesem Kampfe gleichwertige Geisteswaffen miteinander kreuzten. Für die Bewertung der eingereichten Entwürfe waren aber auch alsdann den Preisrichtern ausführliche statische und konstruktive Bearbeitungen in die Hand gegeben. Gegen diese Art des Wettbewerbes mag einwendbar sein, daß tüchtige Ingenieure, die nicht über ein großes Büro verfügten, sich an solchen Wettbewerben kaum beteiligen konnten. Es ist möglich, daß hierdurch dem Fortschritt im Brückenbau schon manch wertvolle Idee verloren gegangen ist. Es war daher ein anzuerkennender, sehr wohl begründeter Entschluß der Reichsbahnverwaltung, daß sie für den geplanten gleichzeitigen Bau von drei neuen Rheinbrücken jedem, der über das geistige Rüstzeug zu verfügen glaubte, das Tor öffnete, um mit seinen Ideen gleichberechtigt mit den sonst um die Siegespalme antretenden Firmen zu kämpfen. Leider muß festgestellt werden, daß die erhoffte, große Ausbeute des Skizzenwettbewerbes nur gering ist. Ein Nachteil ist es für die Bewertung der Entwürfe, daß keinerlei statische Nachweisungen oder konstruktive Ausarbeitungen, weil im Ausschreiben nicht gefordert, eingereicht wurden. Es war hierdurch das Preisgericht gezwungen, verschiedentlich erst durch überschlägliche Berechnungen offen-



Abb. 27. Rheinbrücke bei Maxau. Ankauf 1000 *ℛℳ*. Verfasser: Seibert G. m. b. H., Eisenhoch- und Brückenbau, Aschaffenburg.

sichtliche Unwahrscheinlichkeiten mancher Entwürfe festzustellen. Ein weiterer großer Mangel des Wettbewerbes war das Fehlen von Kostenaufstellungen, die doch bei einem Brückenbau geplanter Art schwer in die Wagschale fallen. Wenn nunmehr nach Abschluß des Skizzenwettbewerbes für die Brücken bei Ludwigshafen, Speyer und Maxau der für die geplanten Brücken geeignetste Entwurf bestimmt werden soll, kann dies nur so geschehen, daß die im Wettbewerb gewonnenen oder für geeignet gehaltenen Entwürfe rechnerisch und konstruktiv durchgearbeitet und die Kosten unter Berücksichtigung aller Haupt- und Nebenumstände ermittelt werden. Es wird also der Skizzenwettbewerb nur damit enden können, daß das bei früheren Wettbewerben geübte Verfahren nachträglich durchgeführt wird. Jedenfalls wurde aber durch den Skizzenwettbewerb festgestellt, daß nur bereits bekannte Brückensysteme sich als brauchbar erwiesen. Es kann daher künftig ohne Besorgnis eines geistigen Verlustes für die Nachwelt zu dem früheren Verfahren der Wettbewerbe zurückgekehrt werden.

Der Fortschritt im Brückenbau fußt nicht in der Zahl, sondern in der Güte der eingereichten Entwürfe.

Langschienen und Stoßfugen.

Von Reg.-Baumeister a. D. **Wattmann**, Direktor der Elektro-Thermit G. m. b. H., Berlin-Tempelhof.

Nachdem die Reichsbahn im vergangenen Jahr in ihren Hauptgleisen in großem Umfang 30 m lange Schienen eingebaut hat, ist damit ein bisher als unantastbar aufrecht erhaltener Grundsatz der Lehre vom Eisenbahnbau preisgegeben, nämlich die Forderung, daß alle Schienen durch die Anordnung entsprechend großer Stoßlücken freier Spielraum zur Temperaturausdehnung und Zusammenziehung (man könnte es als Atmungsfreiheit bezeichnen) gelassen werden müsse.

Die bisherige Regellänge der Schienen betrug 15 m. In unserem mitteldeutschen Klima kann man annehmen, daß die höchste Temperatur, welche Schienen auch bei stärkster Sonnenbestrahlung erreichen können, $+55^0$ C nicht übersteigen, die niedrigste Temperatur -25^0 C nicht unterschreiten wird. Das Temperaturspiel unseres Klimas ist also mit $55+25=$ $=80^0$ C anzusetzen. Dem entspricht eine Temperaturverlängerung jeder Schiene (bei einer Temperaturausdehnungszahl für Stahl von 0,000011) von $80 \times 15 \times 0{,}000011 = 0{,}013$ mm. Das bleibt um weniges hinter der heute üblichen, durch das Bolzenspiel in Laschen- und Schienenlöchern bedingten Auszugsweite des Stoßes. Bei den bisherigen Grundsätzen war es untunlich, wesentlich über eine Schienenlänge von 15 m hinauszugehen, da man dann entsprechend größere Stoßlücken

hätte hinnehmen müssen. Das ist aber aus naheliegenden Gründen, die in der Unterhaltung der Gleise und der Betriebsmittel liegen, nicht angängig, und es konnte deshalb die Reichsbahn den bisherigen Grundsatz der vollen Atmungsfreiheit der Schienen nicht aufrecht erhalten, als sie zur 30 m-Schiene überging. Auch bei dieser neuen Schienenlänge ist der bisherige größte Stoßauszug beibehalten, aber dadurch ist bedingt, daß achsiale Zug- und Druckspannungen in das Gleis kommen, weil bereits vor Erreichung der möglichen Höchsttemperatur die Stoßfugen sich schließen und vor Erreichung der tiefsten Temperatur der größte Laschenauszug eintritt. Die überschießenden Temperaturen nach oben und unten müssen, da sie sich in Längenänderungen nicht auswirken können, in Druck- und Zugspannungen umgesetzt werden. Wie groß diese sind, hängt, wie später noch genauer erläutert werden wird, bis zu einem gewissen Grade von der bei der Gleislegung angeordneten Stoßfuge ab. Solange bei einem Gleis die Stoßfugen nicht voll geöffnet oder geschlossen sind, die Schienen also noch volle Atmungsfreiheit besitzen, werden sie sich bei jeder Temperaturverlängerung oder -Verkürzung entweder über festliegende Schwellen hinüberschieben, oder die Schwellen werden sich in der Bettung verschieben, wenn die Schienen mit ihnen sehr fest verschraubt sind. In beiden Fällen entstehen Reibungswiderstände, die in ihrer Richtung der Bewegungsrichtung der Schiene entgegengesetzt sind.

Es möge nun zunächst vorausgesetzt werden, daß diese Widerstandskräfte gering seien und bei unseren Rechnungen vernachlässigt werden können, so daß also die Schienen so lange widerstandslose Atmungsfreiheit besitzen, als die Stoßfugen nicht voll geöffnet oder geschlossen sind. Unter dieser Voraussetzung dehnt sich die Schiene proportional der Temperaturänderung t aus und es ist, wenn l die Schienenlänge bedeutet: die Dehnung $\lambda = 0{,}000011\, t\, l$. Ist die größtmögliche Stoßlücke e (die durch den Spielraum der Laschenbolzen in Schiene und Laschenlöchern bedingt ist), so folgt hieraus der Temperaturspielraum t, innerhalb dessen die Schiene Atmungsfreiheit hat, mit $t = \frac{e}{0{,}000011\, l} = \frac{91000 . e}{l}$.
Für eine 30 m-Schiene mit 13 mm Stoßlücke wird hiernach $t = 39^0$ C, und es müssen daher bei einem klimatischen Temperaturspiel von 80^0 C die restlichen 41^0 C sich in Druck- und Zugspannungen umsetzen. Es kann als bekannt vorausgesetzt werden (vergl. den Aufsatz des Verfassers in Heft 10 dieser Zeitschrift vom 15. Mai 1928), daß in einer fest eingespannten Schiene jede Temperaturänderung von 1^0C sich in eine Spannung von $\sigma = E . \beta = 24$ kg/cm² umsetzt (E = = Elastizitätszahl, β = Temperaturlängenänderungszahl), so daß in unseren 30 m-Schienen die höchstmögliche Druckspannung und die höchstmögliche Zugspannung zusammen $41 . 24 = 984$ kg/cm² betragen muß. Wieviel hiervon auf Zug- und wieviel auf Druckspannung entfällt, hängt von der bei der Gleislegung vorhandenen Temperatur, die wir als Verlegungstemperatur und von der dabei angeordneten Stoßlückenweite, die wir als Verlegungslücke bezeichnen wollen, ab. Ordnet man beispielsweise in einem 30 m-Schienengleis bei $+10^0$C Stoßlücken von 10 mm an, so würden sich diese, da die Temperaturänderung von 1^0C einer Längenänderung der Schiene von 0,33 mm entspricht, bei einer Erwärmung um $\frac{10}{0{,}33} = 30^0$, also bei einer Schienentemperatur von 40^0 schließen. Bei einer etwaigen weiteren Erwärmung von 40 bis 55^0, also um 15^0 C, würde die Schiene eine Druckspannung von $15 . 24 = = 360$ kg/cm² erhalten. Bei einer Abkühlung der Schiene nach der Verlegung könnte sich die Lücke noch um 3 mm vergrößern, was einem Temperaturabfall von $\frac{3}{0{,}33} = 9^0$, also einer Schienentemperatur von $+1^0$ entspricht. Bei einer weiteren Temperaturerniedrigung bis auf -25^0, also um 26^0 würde eine Zugspannung von $26 \times 24 = 624$ kg/cm² eintreten. Die max. Zugspannung + der max. Druckspannung ist also $= 624 + 360 = 984$ kg/cm², wie vorher berechnet.

Es ist nun eine noch kaum erörterte und noch weniger geklärte Frage, wie die Schädlichkeit achsialer Druck- oder Zugspannungen für das Schienengestänge zu beurteilen ist, oder, was auf das Gleiche herauskommt, wie man bei der durch die jeweiligen Verhältnisse gegebenen Summe der größten Druck- und Zugspannungen am richtigsten das Verhältnis dieser beider Spannungen wählen soll. Bei achsialen Druckspannungen besteht die Möglichkeit der Gleisverwerfung, sobald die Schienenbettung nachgibt und zur Seite geschoben wird. Dagegen besteht keine vergrößerte Gefahr des Schienenbruches durch Biegungsspannungen, weil dabei nur die weniger gefährlichen Druckspannungen vergrößert, jedoch die gefährlicheren Zugspannungen verkleinert werden.

Anders wirken achsiale Zugspannungen im Gleis, weil diese bei Biegungsbeanspruchung den gefährlichen Biegungszugspannungen hinzuzurechnen sind. Nicht unbeachtet darf auch bleiben, daß bei achsialen Zugkräften im Gleis die Laschen recht erhebliche Zugkräfte zu übertragen haben und daß die Gefahr des Krummbiegens und Abscherens der Bolzen vorliegt.

Es würde zu weit führen und fällt auch aus dem Rahmen dieses Aufsatzes, die schädlichen Einflüsse achsialer Kräfte im Gleis näher zu betrachten und miteinander zu vergleichen. Vorerst kann man wohl, da Erfahrungen in dieser Richtung noch vollkommen fehlen, achsiale Druck- und Zugkräfte als gleich schädlich betrachten und demzufolge die Einrichtung der Stoßlücken so vornehmen, daß die höchstmöglichen achsialen Druck- und Zugkräfte im Schienengestänge einander gleich werden. Kommen wir wieder auf das früher gewählte Beispiel der 30 m-Schiene bei 13 mm Stoßauszug zurück, so folgt, daß man bei gleicher Verteilung der achsialen Kräfte auf Druck und Zug mit $\frac{984}{2} = 492$ kg/cm² größten Druck- und ebensolcher größten Zugspannungen in der Schiene rechnen muß. Die Temperaturänderung, die 492 kg/cm²-Spannung im fest eingespannten Stab entspricht, ist $\frac{492}{24} = 20{,}5^0$, was besagen würde, daß bei $55 - 20{,}5 = +34{,}5^0$ die Stoßfugen sich schließen und bei $25 - 20{,}5 = -4{,}5^0$ sich auf ihre größte Weite von 13 mm öffnen. Innerhalb des Temperaturspielraumes von $-4{,}5$ bis $+34{,}5$ kann die Schiene ungehindert arbeiten. Stellt man nun die Forderung, daß die höchste und die niedrigste achsiale Spannung + 492 kg/cm² unabhängig von der jeweiligen Verlegungstemperatur nicht über- oder unterschritten werden soll, so ergibt sich eindeutig für jede Verlegungstemperatur die Verlegungslücke derart, daß innerhalb des Verlegungsspielraumes von $-4{,}5^0$ bis $+34{,}5^0 = 39^0$ und des Lückenspielraumes von 13 mm jedem Grad der Temperaturänderung eine Lückenänderung von $\frac{13}{39} = 0{,}33$ mm entspricht. Das ist die gleiche Längenänderung, die die Schiene bei freier Lagerung durch eine Temperaturänderung von 1^0 erfährt. In der nachfolgenden Übersicht 1 sind die Verlegungslücken, die den jeweiligen Verlegungstemperaturen entsprechen, zahlenmäßig zusammengestellt. In den Temperaturzonen außerhalb des Verlegungsspielraumes, also über $+34{,}5$ und unter $-4{,}5^0$ darf die Verlegung von Schienen nicht stattfinden.

Besonders anschaulich lassen sich die Zusammenhänge zwischen Temperatur, Lückenweite und Schienenspannung auf zeichnerischem Wege darstellen, wenn man in zwei einander zugeordneten Linien in der einen die Lückenweiten, in der anderen die Spannungen als Ordinaten in Abhängigkeit von

Übersicht 1.

Verlegungslücken bei 30 m langen Schienen mit 13 mm Lückenspiel, wenn die höchst möglichen Druck- und Zugspannungen einander gleich sein sollen.

Temperatur °C	Lücke mm	Temperatur °C	Lücke mm	Temperatur °C	Lücke mm	Temperatur °C	Lücke mm
Unter — 4,5	*	+ 4 bis + 6	10	+ 15 bis + 17	6	+ 27 bis + 29	2
— 4,5 bis — 3	13	+ 7 bis + 9	9	+ 18 bis + 20	5	+ 30 bis + 32	1
+ 3 bis 0	12	+ 10 bis + 12	8	+ 21 bis + 23	4	+ 33 bis + 34,5	0
+ 1 bis + 3	11	+ 13 bis + 14	7	+ 24 bis + 26	3	über + 34,5	*

* Keine Verlegung.

der Temperatur als Abszissen auftreten läßt. In Abb. 1 sind diese beiden Linienzüge wiedergegeben, dabei kann man die Linie b c als zeichnerische Darstellung der oben gegebenen Lückentafel betrachten. Ist über die Länge der Schiene und über die Größe des Lückenspiels von vornherein Bestimmung getroffen, so ist damit auch die Summe der Höchst- und Kleinstspannung gegeben; ihre Einzelgröße ist jedoch noch nicht eindeutig bestimmt, und man kann z. B. über eine der beiden noch Bestimmung treffen. So wäre es denkbar, daß mit Rücksicht auf die Beanspruchung der Laschen und Bolzen des Stoßes für die größte Zugbeanspruchung ein Höchstmaß festgesetzt wird. Es sei auch hierfür ein Zahlenbeispiel gegeben.

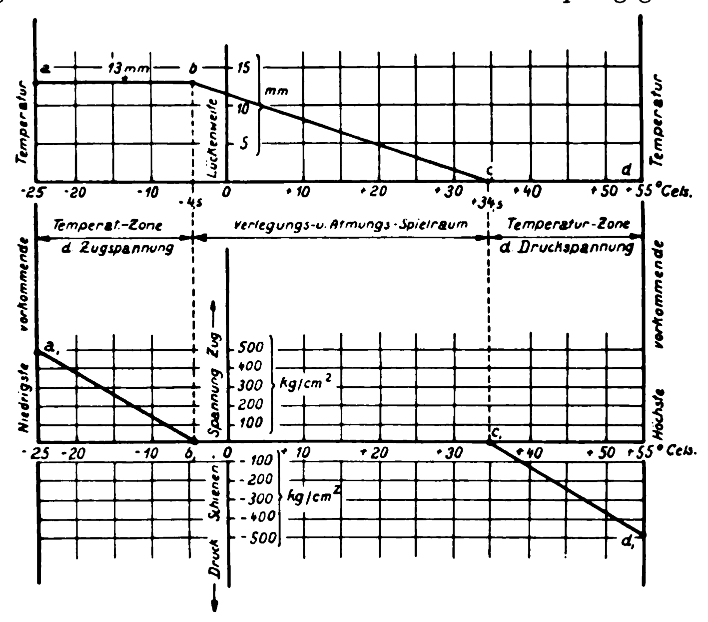


Abb. 1. Lückenweiten und Spannungen in einem Gleis mit 30 m langen Schienen und 13 mm Lückenspiel bei reibungsloser Schienenlagerung. Höchste Druck- und Zugspannungen einander gleich.

Es mögen 60 m lange Schienen mit 18 mm Lückenspiel vorausgesetzt werden und es sei gefordert, daß die größte Zugspannung 500 kg/cm² nicht überschreite. Diese Forderung bedingt, daß bei voll geöffneter Lücke und fallender Temperatur (wo also die Schiene ihre Länge nicht mehr ändern kann), der Temperaturrückgang t nur $\frac{500}{24} = 21^0$ betragen darf. Da die tiefste Temperatur -25^0 ist, so müßte bei -4^0 die Lücke voll geöffnet sein. Der Verlegungsspielraum beträgt $\frac{18}{6000 \times 0{,}000011} = 27{,}5^0$C und reicht also von -4^0 bis $+23{,}5^0$. Der Spannungsspielraum über 23,5 ist bis zur Höchsttemperatur von $55^0 = 31{,}5^0$ und entspricht einer Druckspannung von $31{,}5 \times 24 = 760$ kg/qcm. Abb. 2 gibt in gleicher Anordnung wie Abb. 1 eine zeichnerische Darstellung der Lückenweiten und Spannungen. Für die Praxis wird ein Verlegungsspielraum von -4 bis $+23{,}5^0$ kaum genügen, da die dadurch bedingte Hinderung des Baubetriebes doch außerordentlich groß ist! Will man die Möglichkeit haben, unter gleichen baulichen Voraussetzungen in bezug auf Schienenlänge und Lückenweite in weiteren Temperaturgrenzen zu verlegen, so kann dieses nur auf Kosten größerer Höchstspannungen geschehen. Wählt man beispielsweise als Verlegungsspielraum 0^0 bis $+35$, so würde einer Verlegung bei $+35^0$ und geschlossener Stoßlücke bei später sich ändernden Temperaturen ein Stoßlückenbild nach der Linie a e f d in Abb. 3 und ein Spannungsbild nach $a_1\ e_1\ f_1\ d_2$ entsprechen. Wird dagegen an der anderen Grenze des Verlegungsspielraumes bei 0^0 und voll geöffneter Stoßlücke

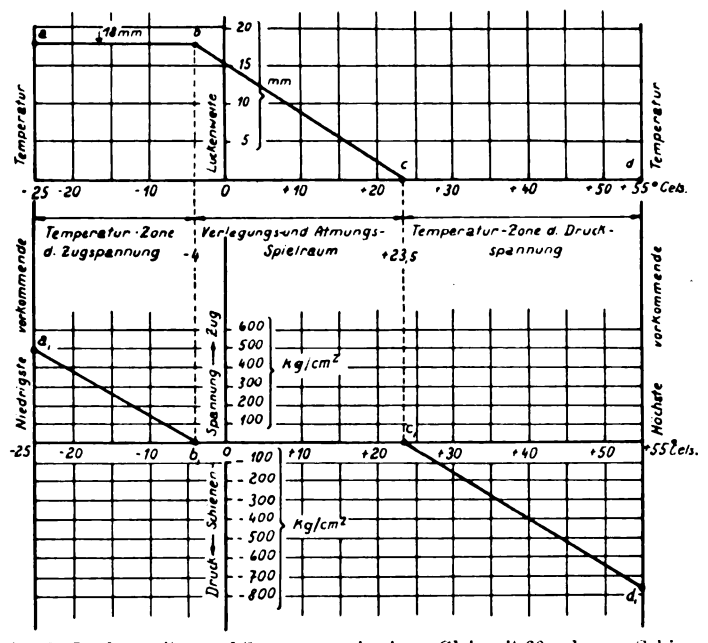


Abb. 2. Lückenweiten und Spannungen in einem Gleis mit 60 m langen Schienen und 18 mm Lückenspiel bei reibungsloser Schienenlagerung! Höchste Zugspannung 500 kg/cm².

von 18 mm verlegt, so ergibt sich bei Temperaturänderungen eine Stoßlückenweite nach a b c d, die Spannungen folgen der Schaulinie $a_1\ b_1\ c_1\ d_1$. Solange man die Weite der Stoßlücke zwischen den Linien b, c und e, f wählt (d. h. innerhalb der schraffierten Fläche), bleibt offenbar auch die Spannung in der Druckzone zwischen den Linien $c_1\ d_1$ und $f_1\ d_2$ und in der Zugzone zwischen $a_1\ b_1$ und $a_2\ e_1$ (schraffierte Flächen). Die höchstmöglichen Spannungen bei den Temperaturgrenzen —25 und $+55^0$ liegen bei a_2 mit +780 kg/qcm und bei d_1 mit +660 kg/cm². Die Stoßlückenweite für die Verlegung folgt aus der Fläche b c e f, wobei in diesen Fällen innerhalb der Flächengrenzen eine willkürliche Wahl der Stoßlückenweiten vorgenommen werden kann. Die entsprechenden Zahlen sind in der nachfolgenden Übersicht 2 zusammengestellt.

Nachdem bei den bisherigen Betrachtungen vorausgesetzt war, daß die Reibung der Schiene auf den Schwellen oder der

Übersicht 2.

Verlegungslücken bei 60 m langen Schienen mit 18 mm Lückenspiel bei einem Verlegungsspielraum von 0 bis 35° C.

Temperatur °C	Lücke mm	Temperatur °C	Lücke mm	Temperatur °C	Lücke mm
Unter 0	*	13 bis 15	9 bis 14	27 bis 29	0 bis 5
0 bis 1	18	15 bis 17	7 bis 13	29 bis 31	0 bis 3
1 bis 3	17 bis 18	17 bis 19	6 bis 11	31 bis 33	0 bis 2
3 bis 5	15 bis 18	19 bis 21	5 bis 7	33 bis 35	0
5 bis 7	14 bis 18	21 bis 23	4 bis 9	über 35	*
7 bis 9	12 bis 17	23 bis 25	2 bis 7	* Keine Verlegung	
11 bis 13	11 bis 16	25 bis 27	1 bis 6		

Widerstand der Schwellen in der Bettung gegen Querverschiebung vernachlässigt werden kann, soll nunmehr untersucht werden, welchen Einfluß diese Widerstände (von denen immer nur der kleinere in Erscheinung treten wird), auf die

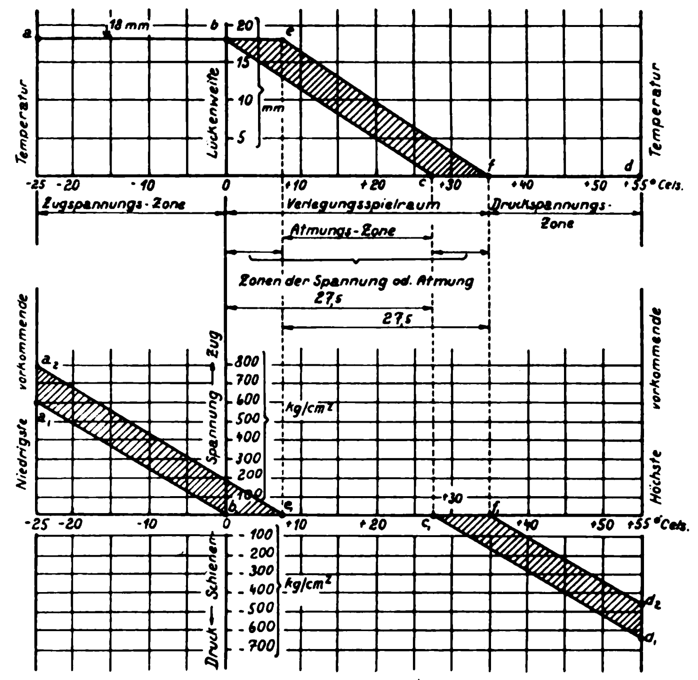


Abb. 3. Lückenweiten und Spannungen eines Gleises mit 60 m langen Schienen und 18 mm Lückenspiel bei reibungsloser Schienenlagerung und einem geforderten Verlegungsspielraum von 0 bis + 35° C.

Längenänderungen und Spannungen der Schiene haben. Es sei M E eine Schienenhälfte von der Länge l und zwar sei M die feste Schienenmitte, E das bewegliche Schienenende. Bei jeder Längenänderung der Schiene muß entweder die Schiene über die Schwelle gleiten, oder die Schwellen kleben an der Schiene und wandern ihrerseits in der Bettung. In jedem Falle aber muß an jeder Schwelle, wo eine derartige Bewegung stattfindet, ein Reibungswiderstand auftreten, der sich als Widerstandskraft äußert, die der Bewegungsrichtung der Schiene entgegengesetzt ist. Es werde nun angenommen, daß an jeder Schwelle die gleiche Widerstandskraft der Bewegung auftritt, und es sei ferner für die Rechnung vorausgesetzt, daß diese in kurzen Entfernungen voneinander auftretenden gleichen Einzelkräfte durch eine kontinuierlich angreifende Widerstandskraft ersetzt werden kann. Im folgenden möge die Widerstandskraft in kg/m mit r bezeichnet werden, wobei es ohne Belang ist, ob diese Widerstandskraft durch Reibung der Schienen auf der Schwelle oder durch Reibung der Schwelle in der Bettung entsteht. Bei steigender oder fallender Temperatur wird nun die Schiene an denjenigen Stellen in Spannung geraten, wo die Reibungswiderstände sie an einer Längenänderung hindern. An einem Punkte X im Abstand x vom Schienenende E ist die Summe dieser Reibungswiderstände $R = r \cdot x$, weil bei einer Ausdehnung oder Verkürzung der Schiene im Punkte X (z. B. wenn man dort die Schiene mit einer Lötlampe anwärmen wollte) das Schwanzende X E der Schiene sich bewegen müßte, und die auf dieser Strecke sich dadurch einstellenden Widerstandskräfte vorher zu überwinden wären. In der Schienenmitte ist $R = l\,r$ am größten. Je weiter X nach dem Schienenende zu liegt, desto kleiner ist R. Am Schienenende selbst wird $R = 0$. Wenn die Temperatur nun von der Verlegungstemperatur, wo die Schiene spannungslos ist, langsam ansteigt, muß demnach zunächst an dem Schwanzende der Schiene, wo R am kleinsten ist, die Längenänderung der Schiene beginnen. Während dieses Wachsens des Schwanzendes liegt der mittlere Teil der Schiene ruhig wie ein fest eingespannter Stab, und die Temperaturänderung setzt sich hier allein in Spannung um. Mit fortschreitendem Anstieg der Temperatur wird das dem Wachsen unterliegende Schwanzende immer größer, das ruhig liegende Mittelstück immer kleiner, bis endlich bei einer Temperatur $t = \frac{r \cdot l}{24}$ die Schienenmitte von der Bewegung des Längenwachstums erreicht ist. Von da an dehnt sich die Schiene genau wie eine vollkommen freiliegende Schiene proportional ihrer Länge und der Temperaturänderung aus, während die Spannung in allen Teilen der Schiene konstant bleibt. Bei fallender Temperatur spielen sich die gleichen Vorgänge ab, nur umgekehrt, d. h. die Schiene verkürzt sich, wobei die gleichen Widerstandskräfte wie vorher nur in umgekehrtem Sinne auftreten. Wird die Ausdehnung der Schienenhälfte mit y bezeichnet und als Ordinate der Temperaturabszisse t aufgetragen, so muß nach dem vorstehenden die Kurve zunächst langsam, d. h. flach, sodann immer steiler ansteigen, bis sie bei der Temperatur t, von wo an y proportional t verläuft, in eine gerade Linie übergeht. Es soll nun die Längenänderungskurve y bestimmt werden. Nach der Zeit t möge die Schiene bis zum Punkte X im Abstand x vom Schienenende durch Ausdehnung oder Zusammenziehung in Bewegung geraten sein; dabei sei eine Spannkraft S am Punkte X in der Schiene entstanden, die einer Flächenspannung $\sigma = \frac{S}{F}$ entspricht (F = Querschnitt der Schiene). Die Spannkraft S muß dann gleich der Summe der Reibungswiderstände im Schwanzende x l sein, als $\sigma F = r\,x$, oder, da bei einem eingespannten Stab $\sigma = E\,\beta\,t$ ist,

1) . . . . $$x = \frac{E\,\beta\,F\,t}{r}.$$

Für $x = l$ folgt

2) . . . . $$t_m = \frac{r\,l}{E\,\beta\,F}$$

als diejenige Temperatur, bei der die Schienenmitte in Bewegung kommt. Bei einer Steigerung der Temperatur t um dt wird die Verlängerung der Schiene: $dy = x\,\beta\,dt$ oder durch Einsetzung des Wertes für x aus Gleichung 1).

3) . . . . $$\frac{dy}{dt} = \frac{E\,\beta^2\,F}{r}\,t.$$

Durch Integration dieser Gleichung ergibt sich:

4) . . . . $$y = \frac{E\,\beta^2\,F}{2\,r}\,t^2$$

als Gleichung der gesuchten Längenänderungskurve.

Ihrer Art nach ist die Kurve eine einfache Parabel. Da $\frac{dy}{dt}$ für $t = o$ ebenfalls gleich o wird (siehe Gleichung 3), so entwickelt sich die Kurve von o-Punkt tangential aus der Horizontalen. Für $t = t_m$ wird die Neigung der Kurve

5) . . . $\frac{dy}{dt} = \frac{E\beta^2 F}{r} \cdot \frac{rl}{E\beta F} = \beta l$ und ihre Ordinate

6) . . . . . $y_m = \frac{E\beta^2 F}{2r}\left(\frac{rl}{E\beta F}\right)^2 = \frac{rl^2}{2EF}$.

Hinter der Temperatur t_m geht die Kurve (wie bereits erwähnt) in eine gerade Linie über, deren Gleichung $y = l\beta t$ ist. Durch Differentiation folgt $\frac{dy}{dt} = l\beta$. Da nach Gleichung 5) auch die Längenänderungsparabel im Punkt t_m die gleiche Richtung $\frac{dy}{dt} = l\beta$ hat, so geht die Parabel hier tangential in die Gerade über. Wenn die Reibung $r = O$ ist, also die im ersten Teil dieses Aufsatzes besprochenen Verhältnisse vorliegen, ist die Schienenverlängerung $\lambda = l\beta t$, also zeichnerisch aufgetragen eine grade Linie. Ihre Ordinate ist um Punkt t_m (vergl. Gl. 2): $\lambda_m = l\beta \cdot \frac{rl}{E\beta F}$ oder $\lambda_m = \frac{rl^2}{EF}$.

Der Vergleich mit Gleichung 6) lehrt, daß λ_m doppelt so groß ist, wie y_m, d. h. die Schiene hat bei der Temperatur t_m (also wenn die Temperaturbewegung bis zur Schienenmitte fortgeschritten ist) gerade die halbe Verlängerung erfahren, als wenn die Schiene reibungslos und frei beweglich gelagert wäre. In Abb. 4 sind für ein Gleis S 49 mit $F = 62$ cm² bei 30 m Schienenlänge und 13 mm Stoßauszug Schaulinien verzeichnet, welche die Lückenweiten und die Spannungen bei reibungsloser und bei reibender Lagerung im Vergleich bringen. Die Größe der Reibung ist mit 1300 kg/m*), angenommen die Verlegungstemperatur $t = 15^0$ bei einer Stoßlücke von 7 mm. Bei reibungsloser Lagerung entspricht die Schaulinie a b c d der Fugenweite und a_1 b_1 c_1 d_1 der Spannung. Die Temperaturen bei b und c sind $t_2 = -3^0$ und $t_3 = +36^0$.

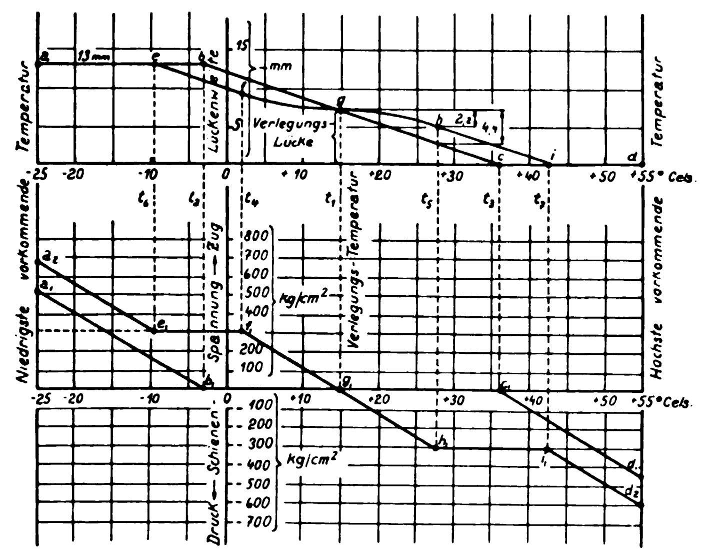


Abb. 4. Vergleichende Lückenweiten und Spannungen bei reibungsloser und reibender Schienenlagerung in einem Gleis mit 30 m langen Schienen bei 13 mm Fugenspiel. Verlegung bei + 15° mit 7 mm Lücke.

Die Verhältnisse ändern sich bei reibender Lagerung, und zwar ist dann wie vorher gezeigt die Temperaturänderung, bei der auch die Schienenmitte in Bewegung gerät, nach Gleichung 2)
$t_m = \frac{rl}{E\beta F} = \frac{1500 \cdot 13}{24 \cdot 62} = 13^0$ C. Die Parabelkurve der Schienenlängenänderung reicht von 15^0 bis $15 + 13$ und von 15 bis $15 - 13$, verläuft also zwischen $t_4 = +2$ und $t_5 = +28$, wobei die Schiene in der Mitte noch ruhig liegt und die Spannung sich dort wie in einer eingespannten Schiene ausbildet. (Vergl. Abb. 4 Spannungslinie f_1 h_1). Bei $t_4 = 2^0$ und $t_5 = 28^0$ ist die Längenänderung halb so groß, als wenn die Schienen reibungslos gelagert wären, also für die ganze Schienenlänge gleich: $\frac{1}{2} \cdot 3000 \cdot 0{,}000011 \cdot 13 = 0{,}22$ cm. Unter $+ 2^0$ und über $+ 28^0$ unterliegt die Schiene in ihrer ganzen Länge der Längenänderung und diese vollzieht sich proportional der Temperatur. Zeichnerisch dargestellt schließt sich daher an die Parabellinien f g h beiderseits tangential je eine Gerade e f und h i als Linien der Längenänderung. Den Punkten e und i entsprechen die Temperaturen $t_6 = -9{,}5^0$ und $t_7 = +42{,}5^0$. Den Temperaturstrecken e f und h i entsprechen im Spannungsbild die Horizontalen e_1, f_1 und h_1, i_1, weil die Spannung innerhalb dieser Zeitspanne konstant bleibt. Jenseits der Temperaturen t_6 und t_7 bleibt die Schienenlänge konstant und die Spannung wächst proportional der Temperatur. (Siehe auch Spannungslinien a_2, l_1 und i_1, d_2.) Die größtmögliche Zug- und Druckspannung wird durch die Punkte a_2 und $d_2 = +680$ und -610 kg/qcm gekennzeichnet. Man erkennt, daß sie größer sind als bei a_1 und d_1 mit $+ 530$ und -460 kg/qcm, wo keine Reibung der Schienen vorausgesetzt ist. Die Reibung erhöht also die im Schienengestänge möglichen höchsten Druck- und Zugspannungen. Aus der Schaulinie der Spannung kann man auch ohne Schwierigkeit die Kräfte entnehmen, die an den Schienenenden von einer Schiene auf die andere zu übertragen sind, was besonders für die Zugspannungen, welche die Laschen übertragen müssen, wichtig ist. Ist nämlich die Schiene reibungslos gelagert, so tritt in der ganzen Schiene immer nur eine gleichmäßige Spannung auf. Wenn also die größte Zugspannung mit der Ordinate bei $a_1 = 530$ kg/cm² ermittelt ist, so entspricht dem am Schienenende eine Spannkraft von $F \cdot 550 = 62 \cdot 550 = 34100$ kg. Bei reibend gelagerter Schiene ist diese zwischen den Temperaturen t_6 und t_7, wo sie Bewegungsfreiheit hat, an den Enden spannungslos. Eine Spannung, die proportional der Temperatur wächst, wird an diesen Punkten nur beim Temperaturabfall von t_6 auf die Mindesttemperatur und bei einer Steigerung von t_7 auf die Höchsttemperatur erzeugt; sie ist also durch die Ordinaten-Differenzen von e_1 und a_2 sowie i_1 und d_2 dargestellt. Die höchste Zugspannung am Schienenende (Vertikalabstand e_1, a_2) ist 370 kg/qcm, und die Spannkraft daher $62 \cdot 370 = 23000$ kg, die durch die Laschen übertragen werden muß.

Der Abb. 5 ist das gleiche reibend gelagerte Gleis wie in Abb. 4 zugrunde gelegt, auch die Verlegungsgrenzen t_1—t_4 sind die gleichen, zwischen denen die Linie b c die Fugengröße angibt. Zum Vergleich sind aber verschiedene Verlegungstemperaturen angenommen, und zwar die beiden Grenztemperaturen der Verlegung: t_1 bei -3^0 und t_4 bei $+36^0$ und zwischen diesen zwei beliebige andere Temperaturen $t_2 = +9^0$ und $t_3 = +25^0$. Die Verlegungslücken sind nach den Ordinaten der Linie b c angeordnet. Die Schaulinien der Lückenweiten und Spannungen sind dann:

Verlegungstemperatur	Linie der Lückenweiten	Linie der Spannungen	Größte Spannung	Kleinste kg/cm²
$t_1 = -3^0$	a b e f d	a_1 b_1 e_1 f_1 d_2	+ 540	— 620
$t_2 = +9^0$	a g h i k f d	a_2 g_1 h_1 i_1 k_1 f_1 d_2	+ 700	— 620
$t_3 = +25$	a g m n o f d	a_2 g_1 m_1 n_1 o_1 f_1 d_2	+ 700	— 620
$t_4 = +36$	a g p c d	a_2 g_1 p_1 c_1 d_1	+ 700	— 460

Man erkennt, daß die größte und kleinste auftretende Spannung +700 und —620 kg/qcm nicht überschritten wird, wenn man bei der Verlegung die Stoßlücken entsprechend der Linie b c anordnet. Es bleiben also auch bei reibend

*) Vergl. den Aufsatz von Ammann & Grünewald im H. 16, 1928 dieser Zeitschrift über Wirkungen von Längskräften im Gleis, wo die Reibung bei neuem Schotter auf 670 kg/m festgestellt ist. Bei abgelagertem Schotter dürfte sie erheblich größer sein.

gelagerten Schienen für die Bemessung der Lückenweiten genau die gleichen Regeln wie bei reibungslosem Gleis maßgebend (siehe Übersicht 1 und 2), wenn man fordert, daß unabhängig von der jeweiligen Verlegungstemperatur die bei den Temperaturgrenzen n—25 und + 55⁰ eintretenden Spannungen so klein wie möglich bleiben sollen.

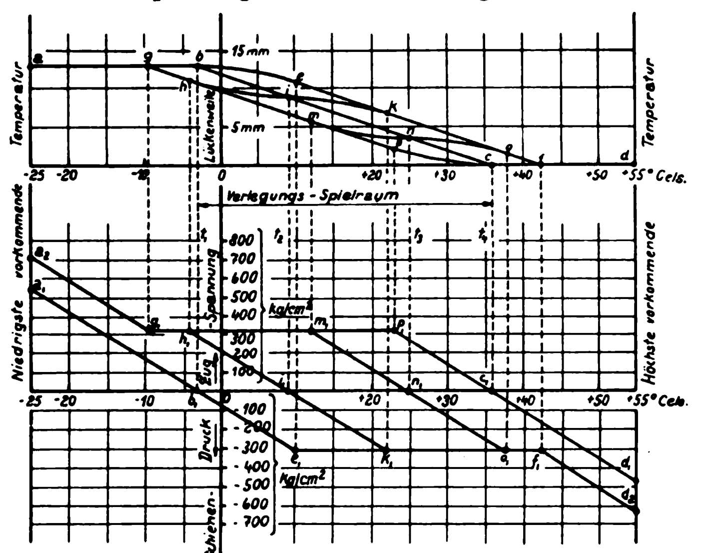


Abb. 5. Spannungen und Lückenweiten eines reibend gelagerten Gleises mit Schienen von 30 m Länge bei einem Lückenspiel von 13 mm, wenn Verlegung bei verschiedenen Temperaturen t_1 t_2 t_3 t_4 stattfindet.

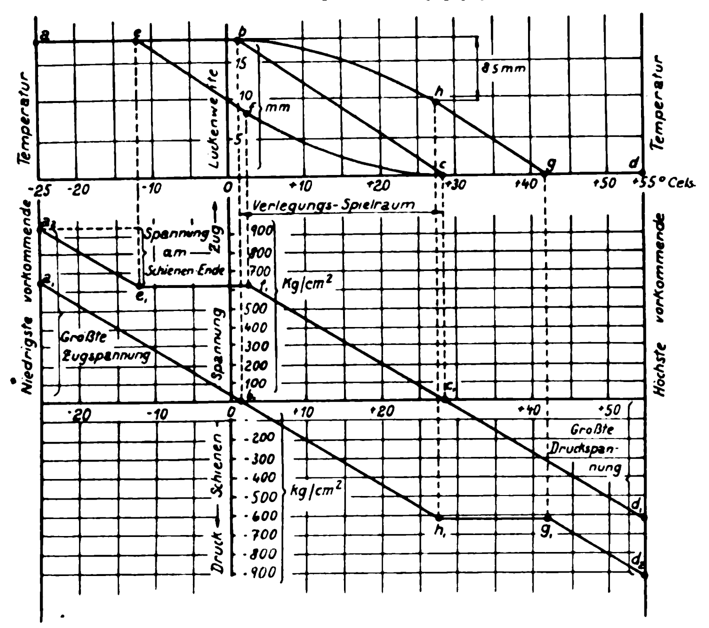


Abb. 6. Höchstspannungen in einem reibend gelagerten Gleis mit 60 m langen Schienen bei 18 mm Lückenspiel.

Zur Erläuterung und für die praktische Anwendung der im vorangegangenen enthaltenen Gedankengänge sei die Lösung folgender Aufgabe gegeben:

In einem Gleis mit 60 m langem Schienenprofil S 49 bei 18 mm Lückenspiel und einer Schienenreibung von 1300 kg/m sollen die Schienen so verlegt werden, daß die größte Zugspannung gleich der größten Druckspannung ist. Es ist die Tafel der Verlegungslücken aufzustellen, ferner sind die größte und kleinste mögliche Spannung in der Schiene und die höchste Zugbeanspruchung der Laschen zu ermitteln. Die Schienenverlängerung bzw. die Stoßfugenverkleinerung beträgt $60 . 0{,}000011 = 0{,}00066$ m $= 0{,}66$ mm/⁰C. Dem Lückenspiel von 18 mm entspricht daher ein Temperaturunterschied von $\frac{18}{0{,}66} = 27^0$ C. Dieser Verlegungsspielraum von 27⁰ C muß in der Mitte der beiden äußersten Temperaturgrenzen von —25 und +55⁰ liegen, also um 26,5⁰ von jeder Grenze entfernt sein. Dadurch ergeben sich die Verlegungsgrenzen = +1,5⁰ und +28,5⁰. Die zeichnerische Darstellung der Stoßlückengröße ist hiernach in Abb. 6 oben in der Linie b c gegeben, die dementsprechende Lückengröße enthält Über-

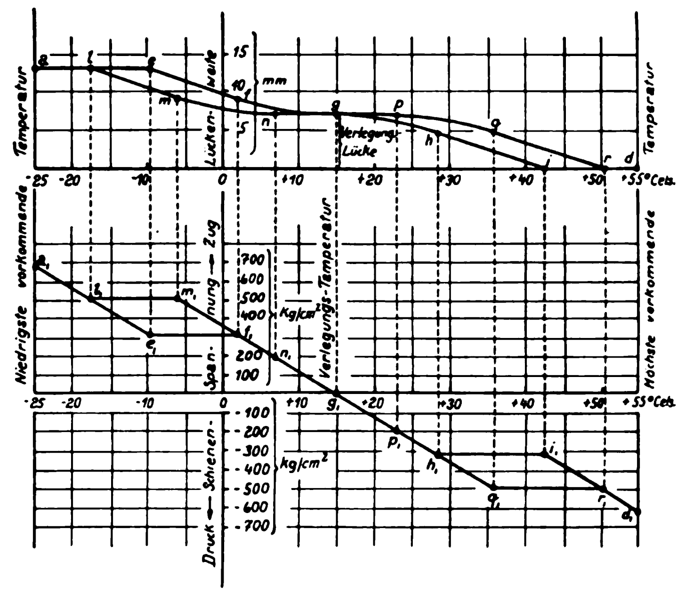


Abb. 7. Vergleichende Lückenweiten und Spannungen in einem Gleis mit 30 m langen Schienen bei 13 mm Fugenspiel: a) bei Reibung der Schienen auf den Schwellen, b) bei Reibung auf Schwellen und in Laschen.

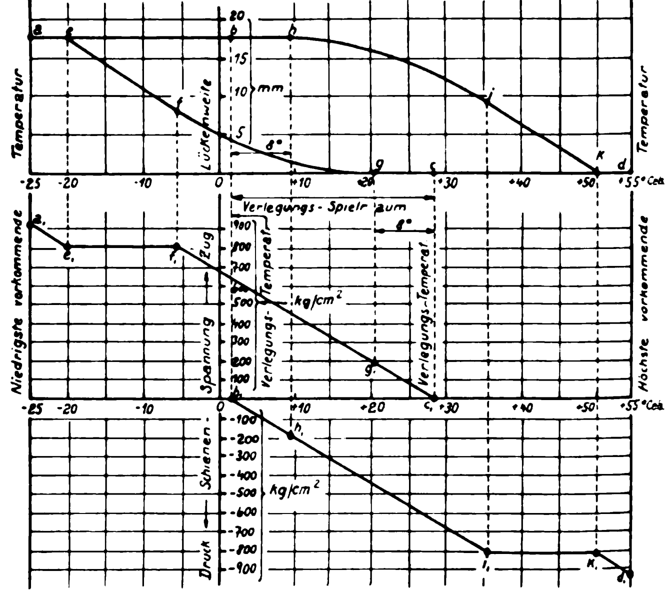


Abb. 8. Höchstspannungen in einem Gleis mit 60 m langen Schienen unter Berücksichtigung der Reibung auf den Schwellen und in den Laschen. Lückenspiel 18 mm.

sicht 3. Die Temperaturänderung, welche erforderlich ist, damit die Temperaturbewegung der Schienenenden bis zur Schienenmitte gelangt, beträgt nach Gleichung 2)

$t_m = \frac{r\, l}{2\, \beta\, F}$. Bei Einsetzung der Zahlenwerte folgt: $t_m = 26^0$ C. Die Verlängerung einer reibungslosen Schiene bei dieser Temperatur ist 17 mm, bei vorhandener Reibung $\frac{17}{2} = 8{,}5$ mm. Nach diesen Zahlen lassen sich nun ohne weiteres die gesuchten größten Spannungen zeichnerisch ermitteln, wenn man die beiden Grenztemperaturen der Verlegung als Verlegungstemperaturen annimmt und von ihnen ausgehend die Linien der Stoßfugenweiten und Spannungen aufträgt (vergl. Abb. 6).

Bei der Verlegungstemperatur $+1,5^0$ reicht der parabolische Verlauf der Linie der Lückenweiten bis $1,5+26=27,5^0$ bei Punkt h, wobei sich die Lücke um 8,5 mm geschlossen hat. Von h bis g ist die Schaulinie eine Gerade parallel b c; ebenso ergibt sich die Linie e f c der Lückenweiten bei einer Verlegungstemperatur von $28,5^0$ und dichtem Fugenschluß bei der Verlegung. Die Spannungslinien sind $a_2\ e_1\ f_1\ c_1\ d_1$ und $a_1\ b_1\ h_1\ g_1\ d_2$. Die größte Druckspannung = der größten Zugspannung ist 920 kg/cm². Die größte Zugspannung am Schienenende ist 300 kg/cm² und deshalb die größte, von den Laschen zu übertragende Spannkraft 62.300 = 19000 kg.

Es möge nunmehr noch der Einfluß der Laschenreibung ebenfalls in den Kreis der Betrachtung gezogen werden. Wird von einem spannungslosen Zustand der Schiene ausgegangen, so wirkt sich bei einer Temperaturänderung die Reibung der Lasche am Schienenende dahin aus, daß zunächst die Schiene überhaupt keine Längenänderung erfährt und nur eine mit der Temperatur steigende Spannung in der ganzen Schiene eintritt. Dieses Wachsen der Schienenspannung wird solange fortgehen, bis die Spannkraft $S=\sigma.F$ die Reibungskraft R der Laschen erreicht hat. Von diesem Augenblick an muß bei weiterer Temperaturänderung der Vorgang der Längen- und Spannungsänderung sich genau so vollziehen, wie es bei den auf den Schwellen reibenden Schienen von vornherein, d. h. unmittelbar bei Beginn der Temperaturänderung der Fall ist.

In Abb. 7 ist ein Vergleich der Spannungs- und Längenänderung dargestellt, wenn einerseits Schwellenreibung allein vorhanden ist und wenn andererseits außerdem auch noch Laschenreibung hinzukommt. Es sind unter den gleichen Voraussetzungen der Schienenlänge, des Fugenspiels usw. wie bei Abb. 4 a e f g h i d und $a_1\ e_1\ f_1\ g_1\ h_1\ i_1\ d_1$ die Schaulinien der Fugenweiten und Spannungen, wenn keine Laschenreibung stattfindet. Nimmt man jetzt an, daß eine Laschenreibung R = 12000 kg an jedem Schienenende hinzutritt (Schienenform S 49 mit F = 62 cm² vorausgesetzt), so ist die durch die Laschenreibung R hervorgerufene Spannung in der Schiene $\sigma=\frac{12000}{62}=194\ \mathrm{kg/cm^2}$. Diese Spannung wird bei einer Temperaturänderung von $t=\frac{194}{24}=8^0\,\mathrm{C}$ erreicht.

Bei der Verlegungstemperatur von 15^0 wird also zwischen $15+8=23^0$ und $15-8=7^0$ keine Längenänderung der Schiene eintreten, während die Spannung sich gleichzeitig proportional mit t ändert. Die Schaulinien der Fugenweiten und der Spannung sind in dieser Temperaturzone n p und $n_1\ p_1$ (Abb. 7), die daran anschließende Linie der Fugenweiten ist l m n und p q r und verläuft parallel g f e und g p q. Die entsprechenden Spannungslinien ergeben sich ohne weiteres als $n_1\ m_1\ l_1\ a_1$ und $h_1\ q_1\ r_1\ d_1$ und gehen in ihren Ausläufern $l_1 a_1$ und $r_1 d_1$ in die Spannungslinie über, die bei Außerbetrachtlassung der Laschenreibung ermittelt war. Es wird also durch die Laschenreibung die bei den Grenztemperaturen in der Schienenmitte eintretende höchste Zug- und Druckkraft nicht erhöht, sie bleibt vielmehr ebenso groß wie sie bereits in Abb. 4 ermittelt war.

Übersicht 3.

Verlegungslücken bei 60 m langen mit Reibung gelagerten Schienen bei 18 mm Lückenspiel, wenn höchst mögliche Zug- und Druckspannungen einander gleich sein sollen.

Temperatur °C	Lücke mm	Temperatur °C	Lücke mm	Temperatur °C	Lücke mm	Temperatur °C	Lücke mm
Unter + 1	*	8 bis 10	13	17 bis 19	7	26 bis 28	1
1 bis 2	18	10 bis 11	12	19 bis 20	6	28 bis 29	0
2 bis 4	17	11 bis 13	11	20 bis 22	5	über 29	*
4 bis 5	16	13 bis 14	10	22 bis 23	4	* Keine Verlegung	
5 bis 7	15	14 bis 16	9	23 bis 25	3		
7 bis 8	14	16 bis 17	8	25 bis 26	2		

In Abb. 8 sind die Schaulinien von Spannung und Lückenweite eines Gleises wiedergegeben, das genau demjenigen in Abb. 6 entspricht, nur ist noch eine Laschenreibung von 12000 kg an jedem Schienenende hinzugekommen (als Schienenform sei wieder S 49 vorausgesetzt).

Die Abb. 8 ist für zwei Verlegungstemperaturen gezeichnet und zwar von $+1,5^0$ und $+28,5^0$ und die Schaulinien ändern sich durch Hinzutreten der Laschenreibung nur insofern, als die Linien der Lückenweiten von den Verlegungspunkten b und c zunächst mit den Horizontalen b h und c $g=8^0$C beginnen und sich dann erst die Parabeln g f und h i anschließen. Die Linien der Spannung ergeben sich ohne Schwierigkeit: $b_1\ h_1\ i_1\ k_1\ d_1$ und $c_1\ g_1\ f_1\ e_1\ a_1$ die größten Spannungen bei a_1 und d_1 sind genau die gleichen wie bei Abb. 6, so daß also eine Vergrößerung der Höchstspannungen durch die zusätzliche Laschenreibung nicht eintritt.

Verwendung von Steilweichen bei der Erweiterung des Züricher Hauptbahnhofs.

Von Oberingenieur **Rob. Grünhut**, Dozent an der Eidgen. Techn. Hochschule in Zürich.

Hierzu Tafel 18.

Bei der in Ausführung befindlichen Erweiterung des Züricher Hauptbahnhofs werden die Bäselerschen Steilweichen — zum ersten Male in der Schweiz — in größerer Zahl Verwendung finden, und es darf wohl gesagt werden, daß ohne sie die Gleisänderungen einen viel größeren Umfang angenommen hätten, als dies nun der Fall ist.

Wie die Zeichnung, Taf. 18 zeigt, hat der Personenbahnhof heute elf Gleise, von denen neun an sechs Personenbahnsteigen, und zwei — die Gleise II und V — zwischen den Bahnsteiggleisen liegen. Zur Verbreiterung des Bahnhofs werden fünf Gleise an der Südseite, ein Gleis an der Nordseite angefügt und das alte Gleis II beseitigt, so daß der neue Bahnhof sechzehn Gleise zählen wird, von denen vierzehn an sieben Personenbahnsteigen und elf an sechs Gepäckbahnsteigen liegen werden.

An der Westseite des Bahnhofs befinden sich heute zwei aus doppelten Kreuzungsweichen 1:8 zusammengesetzte Weichenstraßen, von denen die dem Aufnahmegebäude näher liegende die Gleise IV bis IX (alt), die entfernter liegende sämtliche Gleise des Personenbahnhofs zusammenfaßt. An die letztgenannte Weichenstraße müssen die neuen Gleise I bis V angeschlossen werden; das östliche Ende beider Weichenstraßen muß dabei so weit nach Westen verschoben werden, daß die Bahnsteige um rund 125 m verlängert werden können.

Mit Weichenstraßen 1:8 hätten diese Aufgaben nur sehr schwer gelöst werden können, dagegen gelang es ohne jede Schwierigkeit, durch den Einbau von zwölf doppelten Kreuzungsweichen als Steilweichen 1:6,5 nicht nur die neuen Gleise an die vorhandenen Weichenstraßen anzuschließen, sondern auch — und das war ein besonders schätzenswerter

Erfolg — den Zungenbahnsteigen die Länge von rund 300 m zu geben. Von diesen zwölf Weichen werden fünf in die westliche, vier in die östliche Weichenstraße und drei weitere am Westende des Personenbahnhofs (bei der Unterführung der Langstraße) eingelegt werden.

Durch die vorgesehene Vermehrung der Gleise wird die tägliche Zugzahl, die heute — bei elf Gleisen — 350 beträgt, auf 480 gesteigert werden können. In einem zweiten Bauabschnitt sollen auf der Südseite noch weitere vier Gleise angefügt werden, wodurch die tägliche Zugzahl auf etwa 600 gebracht werden und im Vergleich zur heutigen eine Vermehrung von rund 70 v. H. erfahren wird. Damit dürfte den Bedürfnissen für die nächsten 25 bis 30 Jahre genügt sein.

Die heute vorhandene linienweise Einführung der drei Doppelspurbahnen: Von Brugg (Basel und Bern), von Oerlikon (Schaffhausen, Romanshorn und St. Gallen), und von Thalwil (Gotthard, Luzern, Chur und Buchs), die außer der eingleisigen Bahn von Rapperswil in den Bahnhof münden, ist beibehalten worden. Damit bleibt auch die Schwierigkeit der direkten Zugübergänge von Basel (Paris, London, Brüssel) nach Chur (Engadin) und Buchs (Wien) bestehen, für die das Durchkreuzen des Bahnhofs in seiner ganzen Breite erforderlich ist.

Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft über das vierte Geschäftsjahr 1928.

Der Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft für das Geschäftsjahr 1928 ist Anfang Juni erschienen. Die Einleitung, die auch die Bilanz enthält, zeigt die Schwierigkeiten, die im vergangenen Jahr zu überwinden waren. — Nach der statistischen Übersicht ist das Gesamtnetz wieder um 121 km auf 53667 km erweitert worden. Die Zahl der Lokomotiven hat sich um 414 auf 24481 vermindert. Dabei hat sich das Verhältnis der Zahl der Dampflokomotiven zur Zahl der elektrischen Lokomotiven nur unbedeutend zugunsten der letzteren verschoben. Eine verhältnismäßig starke Mehrung haben die Triebwagen erfahren, deren Zahl von 583 auf 937, d. i. um 354 Stück oder rund 60% zugenommen hat. Der Wagenpark verminderte sich um 154 Stück auf 756009. Der Anteil der Personen- und Gepäckwagen an der Gesamtzahl hat sich nur unwesentlich geändert. Die geleisteten Lokomotivkilometer sind von 1017 (613) auf 1062 (653) Millionen angestiegen. Auf den Dampfbetrieb entfallen hiervon 96,29% (94,46%), auf elektrische Lokomotiven und Triebwagen 2,79% (4,07%), auf sonstige Triebwagen 0,92% (1,47%). Die eingeklammerten Zahlen geben jeweils die zugehörigen Nutzkilometer an. Die Betriebsleistungen im elektrischen Betrieb haben sich gegenüber dem Vorjahre um $^1/_4$ vermehrt. Im Güterverkehr wurden 19355 Millionen Achskilometer gefahren gegen 18737 im Vorjahre, im Personenverkehr 10392 gegen 9785 Millionen im Vorjahr. Es zeigt sich also, daß trotz des geringeren Fahrzeugparkes größere Leistungen ausgeführt wurden als im Vorjahr, was auf eine wesentlich bessere Ausnutzung der Fahrzeuge schließen läßt.

An die statistische Übersicht schließen sich acht Abhandlungen über einzelne Fachgebiete an. Vom Standpunkt des Technikers aus verdienen besonders die Abschnitte I, V, VI und VII Beachtung, während die Abschnitte II (Tarife), III (Finanzen), IV (Personal) und VIII (Verwaltung) hier unberücksichtigt bleiben können.

Abschnitt I. Betrieb und Verkehr.

Die ruhige Lage sowie verschiedentliche Streiks und Aussperrungen in der Industrie brachten auch im Eisenbahnverkehr namentlich am Ende des Jahres ein bedeutendes Abflauen, so daß die Leistungen während des ganzen Jahres ohne jede Mühe bewältigt werden konnten. Der Ausbau des Fahrplanes sowohl im Güter- wie im Personenverkehr wurde gefördert. Insbesondere brachte die Einrichtung durchlaufender Güterzüge und die Vermehrung und bessere Ausgestaltung der FD-Züge wesentliche Verbesserungen hinsichtlich des Beförderungsdauer und der Bequemlichkeit des Reisens. Durch Einführung neuer Fahrzeiten ist die Reisegeschwindigkeit der Schnellzüge im Durchschnitt wieder gleich der von 1914. Im Personenverkehr wurde mit den neuen Tarifen die Einheits-Holzklasse und Einheits-Polsterklasse eingeführt und die 1. Klasse als Luxusklasse nur in den internationalen Schnellzügen beibehalten. Die zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit anzustrebende Verwendung von Großgüterwagen wurde zunächst zwischen Berlin und den Kohlengebieten an der Ruhr und in Oberschlesien eingeführt. Seit September 1928 erfolgen jede Woche 11 Fahrten von Oberschlesien und eine Fahrt vom Ruhrgebiet mit je 1400 t Nutzlast.

Auf dem Gebiet der Zugleitung wurden probeweise auf je einer Strecke der Reichsbahndirektionen Hannover und Dresden eine Zugüberwachung durch besondere Beamte mit besonderem Fernsprechnetz eingeführt. Der Zugüberwacher wird über den Lauf der Züge ständig unterrichtet und regelt mit den Bahnhöfen und gegebenenfalls mit den Zugleitungen den Zuglauf so, daß Betriebsstörungen vermieden oder im Entstehen bekämpft werden. In ähnlicher Weise ist auf je einem Bahnhof der Reichsbahndirektionen Dresden und Oppeln eine Bahnhofsüberwachung eingerichtet worden. Beide Arten der Überwachung können als Abart des amerikanischen Dispatchingverfahrens angesehen werden; sie werden, wenn sie sich bewähren, in weiterem Umfang Anwendung finden.

Die durchschnittliche Leistung einer Lokomotive zwischen zwei Ausbesserungen konnte abermals namhaft gesteigert werden und beträgt 94000 km, d. i. 14,6% mehr als im Vorjahre. Der Ausbesserungsstand mit 16,7% hielt sich auf der Höhe des Vorjahres. Der Brennstoffverbrauch, bezogen auf den Bruttotonnenkilometer, ist um 1,9% gegen das Vorjahr und um 18,7% gegen 1913 gesunken.

Der elektrische Betrieb wurde weiter ausgedehnt. Es sind nunmehr 1290 km Fernstrecken und 225 km Stadt- und Vorortbahnen elektrisch betrieben. Zur Sicherstellung der Stromversorgung wurden bestehende Kraftwerke erweitert, der Neubau des Kraftwerkes Pfrombach an der mittleren Isar weiter betrieben, das Fernleitungsnetz verbessert und neue Unterwerke errichtet. An Fahrzeugen für den elektrischen Betrieb wurden in Auftrag gegeben: 5 Schnellzuglokomotiven und 160 Trieb-, 85 Steuer- und 80 Beiwagen für die Berliner Stadtbahn, ferner 4 Fahrleitungsuntersuchungswagen.

Die Zahl der Unfälle blieb um ein geringes hinter der des Vorjahres zurück; dagegen waren einige besonders schwere Unfälle zu verzeichnen. 1928 sind etwa 9% weniger Fuhrwerke überfahren worden als 1927. Dabei sind durch mangelhafte Schrankenbedienung über $^1/_3$ weniger Unfälle entstanden als im Vorjahre, durch eigenes Verschulden der Wagenführer auf abgeschrankten Wegübergängen an Hauptbahnen aber um $^1/_4$ mehr als im Vorjahr. Die Zahl der Unfälle infolge Durchbrechens der geschlossenen Schranken durch Kraftfahrzeuge war größer als die infolge Nichtschließens der Schranken.

Abschnitt V. Bauwesen.

14 neuerbaute Strecken wurden dem Betrieb übergeben, die Erbauung von 9 Strecken weiterbetrieben, der mehrgleisige Ausbau verschiedener Strecken gefördert. Zahlreiche Bahnhofumbauten wurden durchgeführt. Wegen der Knappheit der Mittel konnten die baulichen Anlagen nicht so unterhalten werden, wie es im Interesse der Wirtschaftlichkeit notwendig gewesen wäre. Die Unterhaltung mußte sich



vielmehr in der Hauptsache auf die Erhaltung der Betriebssicherheit beschränken.

Auch die Oberbauarbeiten konnten nicht in dem wünschenswerten Umfang weitergeführt werden und mußten auf die Erneuerung der normalen 4% der durchgehenden Hauptgleise beschränkt bleiben, ohne daß der Rückstand aus dem Kriege aufgeholt werden konnte. Mit Neustoffen wurden 3195 km mit Schienenform S 49 umgebaut und zwar 2481 km mit Reichsbahnoberbau K auf Holzschwellen, desgl. 584 auf Eisenschwellen, 105 km mit Reichsbahnoberbau B und 25 km mit Reichsbahnoberbau O, beide auf Eisenschwellen. Ferner wurde eine erhebliche Anzahl von Weichen ersetzt mit zusammen 13000 Zungenpaaren. An Umbauten mit Altstoffen und Schienen- und Schwellenauswechslungen im Zusammenhange wurden rund 3900 km fertiggestellt, desgl. rund 9350 Altweichen eingelegt. Auf etwa 3000 km wurde die Bettung der Hauptgleise vollständig und auf rund 2400 km teilweise erneuert. Etwa 25% der Haupt- und 11% der Nebengleise wurden planmäßig durchgearbeitet. Die im Vorjahr begonnenen Entwürfe für die neuen Reichsbahnweichen wurden soweit gefördert, daß bereits Probeausführungen dem Betrieb übergeben werden konnten. Auch auf verwaltungstechnischem Gebiete wurde dem Oberbau besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Bei den Reichsbahndirektionen der früheren süddeutschen Bahnen wurden nach preußisch-hessischem Muster eigene Oberbaudezernate mit eigenen Büros oder Bürogruppen geschaffen. Zur Bearbeitung von Strecken, an denen wenig geeignete Arbeitskräfte zu bekommen sind, wurden besondere fliegende Oberbautrupps mit eigenen Wohnzügen geschaffen. Durch Herausgabe einer neuen Oberbauvorschrift wurde die einheitliche Ausgestaltung des Oberbaues gefördert.

Größere Brückenumbauten wurden nicht durchgeführt, dagegen eine Reihe kleinerer und mittlerer Brücken verstärkt oder ausgewechselt. Die Bemühungen zur Gewinnung eines einwandfreien hochwertigen Stahles wurden fortgesetzt. Sie haben dahin geführt, daß unsere Stahlwerke an Stelle des St Si, dem einige Schwierigkeiten in der Herstellung anhafteten, bereits vier weitere neue Stahlarten geschaffen haben, die völlig frei sind von diesen Schwierigkeiten und die gleichen Festigkeitseigenschaften wie St Si haben. Infolge Zusatz von Kupfer sind diese Stahlsorten außerdem weit widerstandsfähiger gegen das Rosten wie St Si.

Die Sicherungseinrichtungen wurden weiter ausgebildet. So wurden insbesondere verschiedentlich Gleisfreimeldeanlagen eingebaut. Auf der Berliner Stadtbahn wurde ein selbsttätig wirkendes Signalsystem mit Lichttagessignalen eingeführt, ferner auf der Berliner und Hamburger Stadtbahn, sowie auf einigen Berliner Vorortstrecken Fahrsperren zur Vermeidung des Überfahrens von Haltsignalen eingebaut. Die Versuche mit den Zugbeeinflussungseinrichtungen werden fortgesetzt.

Zur Verbesserung des Fernsprechverkehrs wurden 35 Selbstanschlußämter errichtet. Zur Verbesserung des Telegraphendienstes bei gleichzeitiger Personalersparnis wurde die Einrichtung von Morseanrufschränken fortgesetzt.

Abschnitt VI. Rollendes Material.

Im Laufe des Jahres 1928 wurde eine Reihe neuer Lokomotivgattungen in Dienst gestellt. Es sind dies eine 2 C 2-Personenzuglokomotive mit 20 t Achsdruck, eine 1 D 1-Nebenbahnlokomotive mit 15 t Achsdruck, eine C- und eine D-Verschiebelokomotive, beide mit 17,5 t Achsdruck. Auch eine 1 B-Tenderlokomotive für leichte Dampfzüge wurde neugeliefert und führte sich im Betriebe gut ein. Die beiden ersten Kohlenstaublokomotiven wurden in regelmäßigen Betrieb gestellt, zwei weitere wurden angeliefert; ferner wurde eine Anzahl Lokomotiven zur Ausrüstung mit Kohlenstaubfeuerung nach einer verbesserten Bauart in Umbau gegeben.

Die Arbeiten für die Normung und den Austauschbau, für die Einführung der elektrischen Zugbeleuchtung, sowie die Ausrüstung der Wagen mit verstärkten Puffern, Kupplungen und Tragfedern wurden fortgesetzt. Die Ausrüstung des Güterwagenparkes mit der durchgehenden Druckluftbremse ist beendet. Einige neue Bauarten von Wagen für verschiedene Zwecke wurden entwickelt. Bei dem erhöhten Bedarf an Personenwagen der Polsterklasse, der nach der neuen Tarifregelung auftrat, mußten bis zur Ablieferung der bestellten Wagen solche der Holzklasse behelfsmäßig mit Polstern ausgerüstet werden.

Die sparwirtschaftliche Durchbildung der Werkstättenarbeit wurde weiterbetrieben. Das Ausbesserungswerk Witten und die Lokomotivabteilungen des Ausbesserungswerkes Köln-Nippes konnten aufgelassen werden. Die Lagerbestände an Ersatz- und Werkstoffen wurden weiter eingeschränkt. Fünf eigene Versuchsanstalten untersuchten die Eigenschaften der Werkstoffe und ihre zweckmäßigste Verarbeitung. Der Brennstoff- und Wärmewirtschaft wurde besonderes Augenmerk gewidmet. Die Einführung des einheitlichen Brennstoffverwendungsnachweises hat die Bewirtschaftung wesentlich vereinfacht. Auf wärmetechnischem Gebiet sind der Einbau von Zugsperranlagen, Feuerungsreglern, Ruß- und Flugascheblasern, die Errichtung von Kohlenstaubfeuerungen und Heißwasser-Großraumheizungen zu erwähnen.

Die maschinellen Betriebsanlagen wurden weiter ausgebaut.

Abschnitt VII. Beschaffungswesen.

Die Bereitstellung der im Berichtsjahre benötigten rund 13,1 Millionen Tonnen Kohlen für sonstige Zwecke bereitete keine Schwierigkeiten. Im Interesse der deutschen Kohlenindustrie sowie zur Entlastung der Reichsbahn von Dienstgutbeförderungen während des Herbstverkehrs ist auch in diesem Jahre wieder in den Monaten Mai bis August eine Sommerbevorratung vorgenommen worden. Auch die Eindeckung des Bedarfes an ausländischen Ölen begegnete keinen Schwierigkeiten. Durch vermehrte Anwendung von Holztrocknungsanlagen konnte der Vorrat an Werkholz maßgeblich herabgesetzt werden. Die Beschaffung eiserner Oberbaustoffe wurde merklich eingeschränkt, da auch im Jahr 1929 zunächst nur mit etwa 3200 km Gleiserneuerungen gerechnet werden kann. Die Holzschwellenbeschaffung konnte unter grundsätzlicher Bevorzugung der Inlandserzeugung ohne Störung durchgeführt werden, ebenso die Bettungsbeschaffung, die teilweise auch im Winter auf Vorrat geschah.

Die Fahrzeugbeschaffungen für das Jahr 1928 beschränkten sich zum größten Teil auf die bereits 1927 zu Lasten des Geschäftsjahres 1928 herausgegebenen Bestellungen. Es sind dies außer rund 100 Dampflokomotiven eine Anzahl elektrischer Lokomotiven, Trieb- und Beiwagen sowie Gepäckwagen, in der Hauptsache Personen- und Güterwagen, sowie fünf Schiffe. Da lediglich bei den Personenwagen ein ausgesprochener Mangel zu verzeichnen ist, wurde bei den Bestellungen für 1929, die zur Regelung des Geschäftsganges in der Industrie bereits 1928 hinausgegeben wurden, das Schwergewicht auf die Personenwagen gelegt, von denen zunächst 1579 Stück bestellt wurden. Entsprechend dem gesteigerten Bedürfnis an Wagen zweiter Klasse (Polsterklasse) wurden solche in erhöhtem Umfang bestellt. Sp.

Berichte.

Allgemeines.

Eisenbahn-Luftverkehr bei den amerikanischen Eisenbahnen.

In der Zeitschrift Railway Age (1928, Sept.) finden sich eingehende Erörterungen über die zukünftige Entwicklung des Luftverkehrs und über die Stellung, die die Eisenbahnverwaltungen dieser Entwicklung gegenüber einzunehmen hätten, da schon jetzt in Amerika die Frage des Wettbewerbs eine gewisse Rolle spielt.

Es wäre bei dem gegenwärtigen Stande der Technik kein wirtschaftliches Wagnis, wenn mehrere Eisenbahngesellschaften eine finanziell selbständige „Eisenbahnluftgesellschaft" gründen würden, die regelmäßige Fluglinien betreiben würde, ausgestattet mit den neuesten Errungenschaften der Technik und unter Oberleitung der beteiligten Eisenbahnen. Wenn alle Vorkehrungen für größtmögliche Betriebssicherheit und Bequemlichkeit für die Reisenden getroffen wären und eigene Flughäfen mit bester Ausrüstung zur Verfügung ständen, so daß man nicht auf überlastete öffentliche oder mangelhafte Flughäfen angewiesen wäre, so würde sich das öffentliche Vertrauen, das die einzelnen Eisenbahnen genießen, auch auf das neue Unternehmen übertragen. Die Industrie wäre imstande Flugzeuge zu liefern, die allen wirtschaftlichen Anforderungen genügen, z. B. mit vier Motoren und 2400 PS-Leistung, 210 km/Std. Höchstgeschwindigkeit, 165 km/Std. Reisegeschwindigkeit in 900 m Höhe, 1600 km Reichweite, 3,7 t Tragfähigkeit und vier Mann Besatzung.

Der Verkehr wäre vorerst mit einer einfachen Linie, etwa Newyork—Los Angeles, zu beginnen. Bei einem Flug täglich in jeder Richtung könnte diese rund 4000 km lange Strecke mit vier Zwischenlandungen in 31½ Stunden zurückgelegt werden. Bei jeder Zwischenlandung würde das Flugzeug gewechselt, so daß die ganze Linie mit fünf Flugzeugen für jede Richtung betrieben würde. Jedes Flugzeug wäre auf diese Weise höchstens etwa 6 Stunden täglich unterwegs und kehrte am nächsten Tag mit dem gleichen Personal dieselbe Strecke zurück, so daß es stets auf der gleichen Teilstrecke verkehrte. Diese Einteilung würde genügend Zeit für die notwendigen Instandsetzungsarbeiten gewähren und die Betriebssicherheit sehr erhöhen. Zwischen den einzelnen Flughäfen wäre eine Anzahl Nothäfen mit Reserveflugzeugen vorzusehen. Mit diesen Reserven wären im ganzen 20 Flugzeuge nötig.

Nimmt man einen Preis von 8 Cent/Meile (= rund 0,2 *M*/km) und eine durchschnittliche Besetzung mit 30 Reisenden = ³/₄ der Plätze an, so ergibt sich für die angenommene Linie bei täglich einem Flug in jeder Richtung eine Tageseinnahme von 11856 Dollar. Damit könnte nach einer sorgfältigen Veranschlagung nicht nur die Deckung der Betriebskosten einschließlich der Flughäfen, sondern auch eine angemessene Verzinsung des Anlagekapitals gewährleistet werden. Nach vorsichtigen Schätzungen wird man in fünf Jahren mit zehn Flügen täglich in jeder Richtung rechnen können. Es ist zu erwarten, daß sich eine neue Klasse von Reisenden auf weite Entfernungen herausbilden wird, da heute viele reiche Leute nur wegen der großen Zeitverluste selten weite Reisen machen. So würde es einem Bewohner der atlantischen Küste durch den Flugverkehr möglich werden, bei einwöchigem Urlaub fünf Tage an der pazifischen Küste zuzubringen, während heute fast die ganze Zeit für die Reise benötigt wird. Den Eisenbahnen würden durch den Zubringerverkehr zu den Fluglinien neue Einnahmen erschlossen.

Was die Abhängigkeit des Flugverkehrs vom Wetter anlangt, so ist anzunehmen, daß es bald gelingen wird, fast bei jedem Wetter und bei Nacht zu fliegen und die Flughäfen zu finden, so daß nur bei ganz schlechtem Wetter der Verkehr unterbrochen würde. Nach den Erfahrungen bei europäischen und amerikanischen Fluglinien vollzieht sich der Verkehr schon jetzt mit sehr großer Regelmäßigkeit und nahezu ohne Unfälle. Die Eisenbahnen könnten also hier mit einem großen Sicherheitsgrad rechnen. Die weiteren Ausführungen behandeln die verschiedenen möglichen Formen, unter denen sich die Eisenbahnen mit dem Luftverkehr verbinden können, wobei einem von mehreren Eisenbahngesellschaften gemeinsam einzurichtenden, finanziell selbständigen Eisenbahnluftdienst das Wort geredet wird. Kr.

Die englischen Eisenbahnen und der Straßenverkehr.

Im Jahre 1928 wurde vom englischen Parlament gegen eine starke Opposition ein Gesetz angenommen, das für die englischen Eisenbahnen von größter Bedeutung ist, weil es ihnen das Recht zur vollen Verwertung der Straßenverkehrsmittel für ihre Zwecke gewährt. Bisher durften sie sich solcher nur für die Beförderung von Personen oder Gütern von und nach den Bahnhöfen bedienen, während ihnen die unmittelbare Straßenbeförderung von Ort zu Ort verboten war. Die Eisenbahnen betrachteten dies als eine starke Benachteiligung gegenüber den Straßenverkehrsunternehmungen, zumal sie einen erheblichen Teil zur Unterhaltung der Straße tragen müssen. Der Wettbewerb mit den Kraftwagen macht sich wie überall auch bei den englischen Eisenbahnen sehr stark bemerkbar. Wie in Deutschland besteht auch dort die ungleiche Behandlung bezüglich der Unterhaltungspflicht der Verkehrswege, der Beförderungspflicht usw.

Die Eisenbahnen suchten im Jahre 1921 gelegentlich der Zusammenlegung der Eisenbahngesellschaften das Recht des unbehinderten Kraftwagenverkehrs zu erhalten. Dies wurde jedoch abgelehnt, weil hierzu ein eigenes Gesetz erforderlich gewesen wäre. Es wurde aber ein Ausschuß zur Untersuchung der Frage, wie weit die Forderungen der Eisenbahnen berechtigt seien, eingesetzt. Dieser kam zu keinem Ergebnis, da sich drei Vorschläge gegenüberstanden. Der von den Eisenbahnen ausgehende erste Vorschlag war für Erfüllung der Forderungen, der zweite, von den Straßenverkehrsunternehmern, der Industrie und den Handelskammern unterstützte Vorschlag war für Ablehnung, der dritte, den die Transportarbeitervereinigung vertrat, sah die Lösung der Frage in der Verstaatlichung aller Verkehrsunternehmungen und war im übrigen für Zulassung von Kraftwagen nur auf dem Lande.

Ein im Jahre 1922 von den Eisenbahnen eingebrachter Gesetzentwurf wurde von diesen selbst nach der zweiten Lesung zurückgezogen. Der Parlamentsausschuß faßte jedoch einen Beschluß, daß ein Zusammenarbeiten zwischen Eisenbahn- und Straßenverkehr im öffentlichen Interesse sei, wenn unlauterer Wettbewerb ausgeschlossen werde.

Die Verhandlungen bis zum Zustandekommen des Gesetzes zogen sich bis 1928 hin. Bezeichnenderweise bestritt die Opposition nicht die Berechtigung der Forderung der Eisenbahnen, sondern suchte nur möglichst viele Einschränkungen und Sicherheiten durchzusetzen. Die vorgebrachte Befürchtung, daß die Eisenbahnen ein Straßenverkehrsmonopol anstrebten, wurde von der breiten Öffentlichkeit nicht geteilt. Als Einschränkungen wurden in das Gesetz aufgenommen: 1. das Verbot für die Eisenbahnen, Personen in London in einem Umkreis von 17 Meilen (28 km) vom Stadtmittelpunkt mit Kraftwagen zu befördern, 2. das Verbot des Wettbewerbs mit Straßenbahnen und städtischen Autobuslinien, 3. die von den Eisenbahnen selbst vorgeschlagene Einsetzung eines Untersuchungsausschusses, den der Minister für den Verkehr einberufen kann, wenn Verdacht besteht, daß die Eisenbahnen ihre Rechte mißbrauchen. Im übrigen wurden die Forderungen der Eisenbahnen für die vier großen Eisenbahngesellschaften Gesetz, während eine Londoner städtische Eisenbahngesellschaft ausgeschlossen wurde.

Bemerkenswert ist, daß dieser Kampf von den Eisenbahnergewerkschaften, die 700000 Angestellte vertreten, in der Presse eifrig unterstützt wurde.

(Railw. Age 2. Hälfte 1928.) Kr.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Schienenschweißversuche in Rußland.

Im Jahre 1926 fanden in Rußland die ersten Schienenschweißversuche auf der Oktoberbahn (früheren Nikolaibahn), der Moskau-Kiew-Woronesch-Bahn und den Südbahnen statt. Auf der Oktoberbahn wurde die Schweißung nur an Brücken über die Schoscha (Heft 1 des Organs 1927 und Heft 16, 1928), und den Wolchow-

auf den beiden anderen Bahnen sowohl an Brücken (Seim und Psel) wie auch in Stationsgleisen angewendet. Die nächstliegenden Aufgaben, die sich die hauptbeteiligte Versuchsabteilung der Moskau-Kiew-Woronesch-Bahn hierbei stellte, waren:

1. das Aluminium-Thermitverfahren der Schienenschweißung mit allen nötigen Geräten zu erproben, eine besondere Schienenschweißrotte zu bilden, die Einzelheiten des Schweißverfahrens aufzuklären und womöglich zu verbessern;

2. durch unmittelbare Messungen im Gleis die Unterschiede in den Formänderungs- und Spannungsgrößen an geschweißten und nicht geschweißten Stößen unter den statischen und dynamischen Verkehrsbeanspruchungen zu bestimmen;

3. das Verhalten der geschweißten Schienen unter den gewöhnlichen Betriebsverhältnissen zu beobachten, die zweckmäßigste Verteilung der Schwellen unter den geschweißten Stößen, die Veränderung der Stoßfugenweiten und die Wanderung festzustellen und die wirksamsten und billigsten Verfahren zur Bekämpfung des Wanderns zu finden;

4. die Besonderheiten und Kosten der Unterhaltung der geschweißten Stöße aufzuklären, Hilfsverfahren für den Fall von Brüchen in den Schweißungen zu finden und Schienenschweißrotten der Bahnunterhaltung zu bilden;

5. die Temperaturveränderungen der Schienen und der umgebenden Stoffe zu bestimmen;

6. auf dem Versuchswege die Möglichkeit und Zuverlässigkeit der Schweißung der Übergangsstöße festzustellen und die Herstellung der Übergangsstoßschweißungen zu zentralisieren;

7. einen Schweißwagen zur Schweißung der Stöße an Ort und Stelle, in erster Linie auf Brücken bis zu 8 m Spannweiten, dann auch auf Überfahrwegen einzurichten;

8. bei der Stoßschweißung auf Brücken den Einfluß auf die dynamische Beanspruchung der einzelnen Brückenteile aufzuklären;

9. als Endergebnis die Möglichkeit und erreichbare Länge der Schweißung auf freier Strecke festzustellen.

Die Versuche der genannten Abteilung der Moskau-Kiew-Woronesch-Bahn bezogen sich auf die Schweißung einer 109,2 m weitgespannten Öffnung der Fachwerkbrücke über den Seim in der Nähe von Konotop, auf Schienenschweißung in etwa 450 m Gesamtlänge in der Station Konotop, wobei Feldlängen von 33 m bis 48 m zusammengeschweißt wurden.

Die Thermitportionen wurden von der Firma Klekow in Leningrad bezogen. Die Firma hatte auch einen Probeschweißstoß zu liefern, der im mechanischen Laboratorium des Kiewer polytechnischen Instituts und im Leningrader I. I. P. S. (Institut der Ingenieure des Verkehrswesens) untersucht wurde und das Ergebnis lieferte, daß die Schiene an der Schweißstelle fester sei als außerhalb.

Die im Bericht eingehend beschriebenen Schweißgeräte und das Verfahren der Schweißung selbst gleichen mit geringen Abweichungen den unsrigen. Die Schweißrotte besteht aus dem Rottenmeister und vier Mann. Die Vorrichtung zum Zusammenpressen der Schweißstöße läuft auf abnehmbaren Rollen, so daß sie von vier Mann bewegt werden kann. Wenn sie getragen werden muß, sind acht Mann erforderlich. Bei viermänniger Rotte wurden an einem Arbeitstag fünf Stöße erledigt, wobei mehr auf Sorgfalt als auf Schnelligkeit der Arbeit gesehen wurde. Bei der geringsten Feuchtigkeit in der Luft wurde die Arbeit unterbrochen, weil nur bei völliger Trockenheit gute Schweißungen erzielt wurden. Die Kosten einer Schweißung stellten sich bei gut laufender Arbeit und günstigem Wetter auf:

Eine Portion Thermit	17	Rubel
Miete für Gerät	2	„
Arbeitslöhne	3,5	„
Heizmaterial	0,6	„
Ein Stoß . .	23,1	Rubel.

Unter ungünstigen Verhältnissen kann der Preis durch vermehrten Aufwand an Arbeitslöhnen auf 24,4 Rubel steigen. Für gewöhnliche Betriebsverhältnisse scheint dieser Preis hoch. Bei Massenschweißung und Anwendung von Benzinvorwärmung nach deutschem Muster könnte sich der Preis erniedrigen. Die Stoßlücken wurden bei der Schweißung bestimmt nach der Formel

$$\delta = 0{,}5 . \alpha . l \, (t_{max} - t_1), \text{ wobei } \alpha = 0{,}000018$$

die Ausdehnungsziffer für Schienenstahl, l die geschweißte Länge, t_{max} die höchste Jahrestemperatur und t_1 die Verlegetemperatur ist.

Alle geschweißten Stöße wurden einer planmäßigen Beobachtung unterworfen. In der Station Konotop brachen von 54 geschweißten Stößen vom 26. April bis 15. Juli 1927 fünf Stück im einen Gleis, im anderen von 52 Stück vom 4. Mai bis 15. Juli 1927 vier Stück.

Daß die Übergangsstöße einen Punkt in unseren Gleisen bilden, an dem die Schweißung ganz besonders helfend eingreifen könnte, ist auch in Rußland erfaßt worden. An der Moskau-Kiew-Woronesch-Bahn wurden 1927 zehn Stück geschweißter Übergangsstöße bei der Schienenauswechslung verlegt. Man hat sich dabei für 5,5 m Übergangsstoßlänge entschieden, womit man sich also etwas den Abmessungen angeschlossen hat, auf die man auch bei uns (6 m Übergangsschiene Bauart Wagner) gekommen ist.

Um die Güte der Übergangsstöße zu verbessern, soll möglichst nur im Sommer (nicht unter 10° C trockene Luft) geschweißt werden. Die Schweißversuche 1926/27 deuten darauf hin, daß spätere Brüche mit der Schweißung bei Frost im Zusammenhang standen. Schweißung bei niedriger Temperatur, besonders bei Frost und Wind, erfordert gute Vorwärmung von Schienen und Schweißtiegel. Es kamen Fälle vor, wo das Metall aus dem Tiegel infolge Abkühlung des unteren konischen Teiles des Tiegels durch Wärmestrahlung nicht völlig abfloß. Es ist anzunehmen, daß bei Schweißung im Winter infolge zu schneller Abkühlung Überhärtung der geschweißten Schiene im Stoß auftritt. Es sollte daher der Stoß nach der Schweißung auf je 1 m Länge beider Schienen mit nichtwärmedurchlässigem Stoff abgedeckt werden.

Die Versuche an der Seimbrücke verliefen ergebnislos. Es war zwar eine Erniedrigung der Stoßziffer für den Untergurt zu bemerken, aber gerade in den Brückenteilen, in denen eine besonders starke Beeinflussung der Stoßwirkung durch die Schweißung hätte erwartet werden können, wurde ein Ergebnis nicht gefunden. Es wird dies darauf zurückgeführt, daß in den Bolzenöffnungen der Schienen eine besondere russische Einrichtung, Januschewski-Ringe (Einlagen zur Beschränkung der Wanderung) angebracht und die Stoßlücken daher sehr klein waren.

Im Zusammenhang mit diesen Arbeiten der Moskau-Kiew-Woronesch-Versuchsabteilung steht eine Veröffentlichung des wissenschaftlich-technischen Ausschusses des Volkskommissariats für Verkehrswesen: „Einfluß der Temperaturschwankungen auf den Schienenweg“ von W. W. Grigorjew. Untersucht wird die Wärmeausdehnung und der ihr entgegenwirkende Widerstand der Laschenverbindung und der Schienenbefestigung auf den Schwellen.

In der Regel ist untertags die Schienentemperatur höher, nachts niedriger als die der Außenluft. Die Verteilung der Temperatur in der Schiene ist ungleich, gewöhnlich im Steg, zuweilen auch im Schienenkopf am höchsten. Die Folge davon ist eine ungleiche Spannungsverteilung. Der größte Unterschied zwischen Schienen- und Lufttemperatur wurde untertags zu 25° gefunden, nachts zu 2,9°. Der größte Unterschied der Größt- und Niedrigsttemperatur innerhalb 24 Stunden wurde zu über 37° festgestellt. Der Schienenfuß erwärmt sich in der Sonne weniger als der Schienenkopf, was der teilweisen Beschattung und der Bettungsnähe zuzuschreiben ist. Nachts ist die Temperaturverteilung in der Schiene gleichmäßig. Untertags hat die Bettung eine (bis zu 15 und 17°) niedrigere Temperatur als die Schiene, nachts ist das Verhältnis infolge Wärmeanhäufung vom Tage her gewöhnlich umgekehrt. Man kann bei den Verhältnissen des mittleren Rußland ein Ansteigen der Schienentemperatur bis auf +65 oder gar 70° annehmen.

Je fester die Laschenbolzen angezogen und die Schienen auf den Schwellen befestigt sind, desto mehr setzt sich die Wärmeausdehnung des Gleises in innere Spannungen der Schienen um. Das Anziehen der Laschenbolzen ist dabei maßgebender als die Befestigung auf den Schwellen. Die letztere läßt meist viel zu wünschen übrig und es könnte hier, soweit es sich, z. B. bei der Schweißung, darum handelt, die Wärmeausdehnung zu erschweren, noch manches getan werden. Man hat in russischen Verhältnissen den Widerstand einer sechslochigen Laschenbefestigung bei mit 60 cm langem Schlüssel angezogenen Schraubenbolzen zu 22,8 bis 28,5 t berechnet. Man kann für Gleise mittlerer Güte den

Gleitwiderstand der Schiene auf den Unterlagplatten auf den laufenden Meter Gleis zu 300 kg/m annehmen. Der obige Druck um 28,5 t kann also vom einen Gleis von etwa 100 m Länge aufgenommen werden, was für die Frage der möglichen Schweißlängen von Bedeutung sein kann.

Die mit Geigerschen Dehnungsmessern angestellten Beobachtungen über die Verlängerung der Schienen und die dadurch veranlaßte Stoßlückenweite ergaben, daß bei ein und denselben Wärmegraden die Summe der Stoßlücken ganz verschiedene Werte annehmen kann. Es hängt das mit dem Schienenzustand (vorherige Temperaturen, Erschütterungen usw.) und von der Veränderung im Zustand der Befestigungsmittel ab. Eine große Anzahl von Stößen blieb bei einer Tagestemperaturschwankung von 26,5° fast ganz unverändert in der Lückenweite. Innerhalb eines Monats wechselten bei Temperaturschwankung bis zu 40,3° die Stoßlücken um Zehntel von Millimetern. Man kann annehmen daß bei der derzeitigen Bauart des russischen Oberbaues unter dem Einfluß der Temperaturschwankungen Längsdruck oder Zugkräfte bis zu 500 kg/cm² und manchmal sogar darüber auftreten können. Dr. S.

Ausbessern ausgeschlagener Schienenstöße durch Auftrag-Schweißung.

Von einer 202 km langen Strecke der Kanadischen Pacific-Eisenbahn liegen 158 km in Steigungen von 1:100 und 1:45; dazu kommen noch Krümmungen bis herunter zu 175 m Halbmesser. Sowohl Personen- wie Güterzüge müssen mit zwei Lokomotiven über diese Strecke befördert werden. Der Oberbau besteht aus 50 kg/m schweren Schienen, die im Jahre 1923 eingebaut worden sind. Seine starke Beanspruchung machte schon im Jahre 1925 in den Neigungs- und Krümmungsstrecken das häufige Auswechseln einzelner Schienen nötig, doch verschlechterte sich der Zustand der Strecke immer weiter, und im Jahre 1928 entschloß man sich, eine grundlegende Instandsetzung des Oberbaus vorzunehmen, wobei die ausgeschlagenen Schienenstöße durch Schweißen ausgebessert werden sollten. Zu diesem Zweck wurde ein Schweißtrupp von sieben Mann mit den nötigen Geräten aufgestellt, die vor Beginn der Arbeiten in der Hauptwerkstatt im Schweißen ausgebildet wurden.

Der Bahnmeister bezeichnete die auszubessernden Stöße. Um diese zu ermitteln, war der Schweißtrupp mit 75 cm langen Linealen ausgerüstet, die auf die eine Schiene aufgelegt wurden, so daß der Abstand von der anderen ein Maß für die Abnutzung ergab. Vor Beginn des eigentlichen Schweißens wurde die Schiene vorgewärmt; lose hängende Eisenteile zeigten sich dann dadurch, daß sie schneller zum Glühen kamen als der Körper der Schiene, so daß sie leicht entfernt werden konnten. Dann wurden etwa 3 mm des Schienenkopfes abgeschmolzen, ehe der neue Stahl aufgebracht wurde. Das Schweißen hat am Stoß zu beginnen und soll von da an nach rückwärts gehen. Die Schweißflamme soll etwas überschüssiges Azetylen enthalten, um zu vermeiden, daß sie oxydierend wirkt. Gegen das Ende der Arbeit wird der Azetylengehalt noch etwas erhöht, wodurch die Schweißstelle etwas gehärtet wird. Als Schweißmetall dient ein Draht von 6 mm Durchmesser, dessen Stahl 3,5% Nickel enthält. Dieses Metall kann leicht überhitzt werden; das Ende des Drahts darf daher nicht aus dem flüssigen Metall auf dem Schienenkopf herausgezogen werden, und zum Schmelzen ist mehr die strahlende Wärme der Flamme als deren unmittelbare Einwirkung zu verwenden. Peinlich vermieden werden müssen Schlackeneinschlüsse an der Schweißstelle; werden diese bemerkt, so ist das ganze flüssige Metall zu entfernen und die Arbeit von vorn zu beginnen. An der Innenseite überstehendes Metall wird entweder mit dem Schneidbrenner oder mit dem Meißel abgearbeitet. Das aufgebrachte Metall wird mit dem Schmiedehammer so bearbeitet, daß es die richtige Form erhält. Dadurch wird auch der Stahl verdichtet, und diese Arbeit ist daher besonders sorgfältig auszuführen. Die Schweißstelle soll bei dieser Arbeit eine dunkelrote Färbung zeigen. Der fertige Stoß soll etwas überhöht sein, damit er nicht gleich wieder ausgeschlagen wird, sondern im Betrieb auf das richtige Maß herunter geht. Muß das Gleis befahren werden, ehe die Schweißstelle genügend abgekühlt ist, so wird sie mit Wasser abgeschreckt; es empfiehlt sich, in diesem Fall sie dann nochmals zu erhitzen und langsam abkühlen zu lassen, doch sollte diese Art zu arbeiten vermieden werden. Beim Bearbeiten der Schweißstelle mit dem Meißel ist darauf zu achten, daß kein Metall in die Stoßlücke gerät. Unter allen Umständen muß vermieden werden, die Laschen und die Schienen jenseits des Endes der Laschen zu erhitzen.

Die Schweißer sind mit Schlagstempeln ausgerüstet, die für jeden mit dem Anfangsbuchstaben seines Namens gekennzeichnet sind; diesen Stempel schlägt der Schweißer nach Beendigung der Arbeit in die Schweißstelle ein. In der Zeit vom 11. Juni bis zum 10. November wurden 3088 Schienenstöße auf die beschriebene Weise instandgesetzt. Der Verkehr wurde dabei in vollem Umfang aufrecht erhalten; er war so lebhaft, daß zuweilen zwei Züge in der Stunde die Strecke befuhren.

Über die Bewährung des beschriebenen Verfahrens können noch keine Angaben gemacht werden, doch hofft man, auf diese Art die Lebensdauer der Schienen um etwa zwei Jahre zu verlängern. Jedenfalls waren die im Jahre 1928 gesammelten Erfahrungen derart, daß die Arbeit im Jahre 1929 fortgesetzt werden soll.

Der Streckenvorarbeiter, der zunächst das Schweißen beaufsichtigte, wurde später durch einen erfahrenen Schweißer ersetzt. Bei dieser Überwachung ist das Hauptaugenmerk auf den Gasverbrauch zu richten. Daneben lag dem Aufseher die Sorge für die Sicherheit der Arbeiter ob, eine Aufgabe, die wegen der Unübersichtlichkeit der Strecke infolge der zahlreichen scharfen Krümmungen besondere Aufmerksamkeit erforderte. W.

(Engineering News-Record, Nr. 18 vom 2. Mai 1929.)

Verhalten von geschweißten Schienenstößen auf Reichsbahnstrecken.

Im Heft 8 des „Organs" 1928, S. 158, wurde berichtet, daß die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft die für die Gleisumbauten des Jahres 1928 schon gelieferten Schienen von 15 m Baulänge durch Schweißung nach dem aluminothermischen Verfahren auf die für die FD-Zugstrecken künftig vorgesehene Baulänge von 30 m bringen lasse. Einer Verfügung der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft vom März 1929 ist zu entnehmen, daß die im Jahre 1928 und früher geschweißten Schienenstöße sich bisher im allgemeinen günstig verhalten haben. Brüche und Risse an den Schweißstellen sind in geringer Zahl festgestellt worden. Die hierzu angestellten Untersuchungen haben ergeben, daß die Mehrzahl dieser Brüche und Risse auf Fehlern beruht, die bei Ausführung der Schweißarbeiten begangen worden sind. Sie sind im besonderen darauf zurückzuführen, daß die mit den Schweißungen betrauten Arbeitskräfte anfangs noch zu wenig geübt waren. Auch entfällt ein Teil der festgestellten Brüche auf Schienenstrecken, die bereits in früheren Jahren versuchsweise geschweißt worden sind, also in einer Zeit, in der die angewendeten Schweißverfahren technisch noch nicht voll entwickelt und auch die Schweißmannschaften noch nicht entsprechend ausgebildet waren. Außerdem handelt es sich dabei meist um Schienen älterer Formen mit mehr oder weniger starker Abnützung. Hierbei möchte aber noch darauf hingewiesen werden, daß die in den FD-Zugstrecken zur Verwendung kommenden Langschienen neuerdings nicht mehr aus zwei Schienen von je 15 m Länge zusammengeschweißt werden, sondern von den Lieferwerken in Baulängen von 30 m zur Anlieferung kommen, Schweißungen also im allgemeinen entfallen. D.

Die erste geschweißte Eisenbahn-Fachwerkbrücke.

Auf allen Gebieten des Eisenbaues wird die Lichtbogenschweißung bereits mit Erfolg angewendet. Nur im Brückenbau stand man diesem Verfahren bisher ablehnend gegenüber. Erst in den letzten zwei Jahren begann man kleinere Blechträger zu schweißen. Nun ist auch die erste geschweißte Fachwerkbrücke in Betrieb genommen worden und damit die Schweißtechnik auch in dieses letzte Gebiet des Eisenbaues eingedrungen.

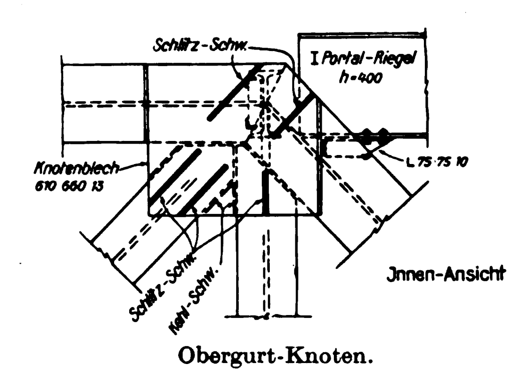
Es handelt sich um eine schiefe eingleisige Halbparabelträgerbrücke im Zuge der Boston-Main Railway, die bei Chicopee-Falls, Mass. einen Wasserkraftkanal im Winkel von 72° überquert. Die Länge der Brücke ist 53,3 m, die der einzelnen Hauptträger 41 m. Der Hauptträgerabstand beträgt 5,2 m, die Trägerhöhe



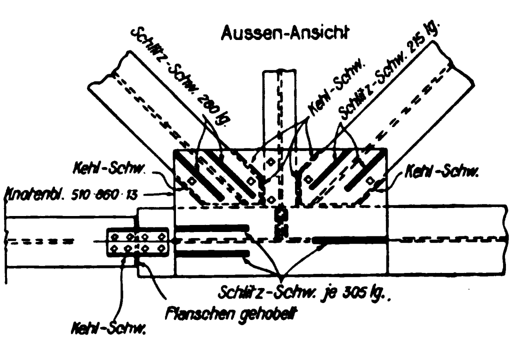
7,5 m; die Fahrbahn liegt unten. Abgesehen von den gußeisernen Lagern, den Fahrbahnträgern aus I-Eisen von 21″ und den Zwischenstäben bestehen alle Stäbe aus Carnegie-Breitflanschträgern von 10″. Diese sind innerhalb gewisser Gruppen bei gleicher Steghöhe nach der Flanschbreite abgestuft und ermöglichen dadurch äußerst einfache Knotenpunktanschlüsse. Als zulässige Spannungen sind angenommen:

Beanspruchte Art	im Stab kg/cm²	in der Schweißung kg/cm²
Zug	1120	910
Druck	1120	1120
Abscheren	780	630

Der Anschluß der Stäbe erfolgte entweder mit Stumpfschweißung oder durch Knotenbleche mittels Kehlschweißung. Wo die Ränder des Stabanschlusses keine genügend lange Schweißnaht boten, wurden in den Flanschen Schlitze angebracht und in diesen die Schweißung vorgenommen (vergl. Abb.).



Obergurt-Knoten.



Untergurt-Knoten.

Als Vorteil der geschweißten Bauwerke wird gerühmt, daß ein allmähliches Lockern der Niete ausgeschlossen und die Rostgefahr erheblich eingeschränkt ist. Aus letzterem Grunde wurden beispielsweise bei der Moerdijkbrücke in Holland die Fugen elektrisch verschweißt. Besonders aber sollen die Ersparnisse an Baukosten ganz erheblich sein und bei der Chicopee-Fallsbrücke 4000 Dollar betragen haben, d. i. 21% der für ein genietetes Bauwerk erforderlichen Kosten.

Wenn dies zutrifft, so wäre mit der Einführung des Schweißens von Brücken dem St. 37 wegen seiner besseren Eignung für dieses Verfahren eine wesentlich stärkere Stellung gegenüber St. 48 und St. 52 geschaffen. Allerdings hängt die Festigkeit der Schweißstellen in hohem Maße von der Sorgfalt der Arbeit ab und leicht wird man sich daher nicht entschließen von der bewährten Bauweise abzugehen. Bemerkenswert ist übrigens, daß diese erste Ausführung gerade in Amerika zustande kam, obwohl gerade dort die den theoretischen Annahmen besser entsprechende Bolzenverbindung der Nietung vorgezogen wird und der Schweißung doch die Nachteile der genieteten Anschlüsse, nämlich nicht kontrollierbare Spannungen an den Knoten, in erhöhtem Maße anhaften. Sp.

(Railway Age, 24. März 1928.)

Gleisumbau im Winter.

In Amerika hat sich ein Ausschuß gebildet, der die Möglichkeit und die Vorteile untersucht, im Winter Gleisumbauten durchzuführen, um dadurch die Zahl der Arbeiter durch das ganze Jahr gleich zu halten und einen gut ausgebildeten Stamm an Arbeitern zu bekommen.

Die Arbeiten im Winter bedeuten eine Entlastung des Frühjahrs und des Sommers. Der Verkehr auf den meisten Linien ist im Winter wesentlich schwächer als in der guten Jahreszeit. Infolgedessen werden die Arbeiten durch den Verkehr weniger gestört. Die Verteilung der Arbeiten auch auf den Winter ermöglicht, eine fast gleiche Arbeiterzahl während des ganzen Jahres durchzuhalten, während jetzt zu Beginn des Winters viele, oft die besten Arbeiter entlassen werden müssen. Das Schwanken der Arbeiterzahl und der ständige Wechsel in den Arbeitskräften hat die Verwendung von vielfach ungeschulten Leuten zur Folge. — In Amerika sind nach Ansicht des Ausschusses wenig Gegenden, in denen im Winter Gleisumbauten nicht ausgeführt werden können. Die Meinung der Ausschußmitglieder bezüglich Kosten und Güte der Arbeit ist jedoch verschieden. Die Kosten für die Winterarbeit werden allerdings in manchen Gegenden höher sein, doch stehen diesen geringen Mehrkosten die oben angeführten Vorteile gegenüber.

(Railway Age, 1928 Heft 13.) Wa.

Verschiedenes.

Kreditabkommen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft zur Vergebung von Waggonaufträgen.

Das schon lange erörterte Kreditabkommen wegen Vergebung von Waggonaufträgen ist nunmehr zustande gekommen. Es handelt sich bei diesem Kreditabkommen um einen Kredit, der von der deutschen Wagenvereinigung der Reichsbahn gegeben wird und für den die Reichsbahn einen Zinssatz von 6,9°/₀ zahlt. Dieser Kredit beläuft sich auf 100 Millionen und bedeutet einen Notbehelf, um dem von der Reichsbahn in Aussicht genommenen, bisher gedrosselten Beschaffungsprogramm gerecht zu werden. Auf Grund dieses nunmehr getroffenen Kreditabkommens werden an die deutsche Wagenbauvereinigung vergeben: 2100 Personenwagen und 200 Gepäckwagen. Bei den Personenwagen handelt es sich um 100 D-Zugwagen 1., 2. und 3. Klasse, 50 vierachsige Durchgangswagen neuer Bauart für Personenzüge, 1000 2. Klassewagen, 500 kombinierte 2./3.Klassewagen, 450 3. Klassewagen. Durch diese Vergebung beläuft sich dann insgesamt das Beschaffungsprogramm entsprechend dem Beschaffungsplan für 1930 auf 198 Millionen *ℛℳ*. Die Ablieferung der bestellten Wagen soll im Frühjahr 1930 erfolgen.

Zuschriften an die Schriftleitung.

Von dem Verfasser des Aufsatzes „Zugwiderstände und Fahrzeitenberechnung" Herrn Regierungs- und Baurat Czygan erhalten wir folgende Zuschrift:

Im Heft 10 des „Organs" von diesem Jahre hat Herr Reichbahnoberrat Prof. Nordmann meinen im Heft 3 des Organs erschienenen Aufsatz in einer Form besprochen, die einer sehr ernsten Abwehr bedarf. Ich unterlasse es, dem Herrn Nordmann in der von ihm beliebten Tonart zu antworten, da es nach meiner Auffassung den in wissenschaftlichen Kreisen herrschenden Grundsätzen allein entspricht, aus einer wissenschaftlichen Erörterung alle persönlichen Angriffe unbedingt auszuschalten und sie, wenn man ihnen dennoch begegnet, vollkommen unbeachtet zu lassen.

Da mir für meine Erwiderung nur ein sehr beschränkter Raum zur Verfügung gestellt worden ist, muß ich mich damit begnügen, die Grundgedanken meiner Abhandlung, in die Herr

Nordmann offenbar gar nicht eingedrungen ist, hier für meine ruhig und wohlwollend denkenden Fachgenossen nochmals klar zu umgrenzen.

Wer die hochinteressanten Eigenschaften unseres Oberbaues und die Mechanik der Zugbewegungen auf demselben gründlich studiert hat, weiß, daß die Wirkungen zwischen Rad und Schiene und ihre Einflüsse auf den Bewegungswiderstand der Eisenbahnfahrzeuge außerordentlich mannigfach sind und auch durch kleine Änderungen am Oberbau oder an den Fahrzeugen sehr wesentlich beeinflußt werden können. Von vielen Beispielen sei hier nur eines kurz angeführt. Bei den alten Schienen ist bekanntlich die Seitenfläche des Kopfes senkrecht; beim neuen Reichsoberbau K geht sie keilförmig schräg nach oben; auch ist die Oberfläche des Kopfes mit einem Halbmesser von 200 mm besser abgerundet. Dadurch erhalten die Stützflächen von Rad auf Schiene, aus denen die Zugwiderstände entspringen und sich mit jedem Zentimeter des Zuglaufs ständig vermehren, eine ganz veränderte Gestalt; vor allem aber ist die Berührung des Spurkranzes mit dem Schienenkopfe, die besonders in den Gleisbogen den Widerstand so erheblich vermehrt, nunmehr eine ganz andere. Diese sehr vielgestaltigen aber grundlegenden Beziehungen können durch den in einige Züge eingestellten Lokomotivmeßwagen unmöglich erfaßt werden und habe ich daher nach wie vor die feste — natürlich rein persönliche — Überzeugung, daß nach der in der Neuzeit eingetretenen großen Umwälzung unseres Oberbauwesens die alten, aus ganz anderen Verhältnissen hervorgegangenen Formeln zur Ermittlung des Zugwiderstandes überhaupt nicht mehr brauchbar sind, auch dann nicht, wenn einige Werte darin geändert werden. Leicht zu beweisende Tatsache ist es aber, daß zur Herstellung der s/V-Diagramme für die verschiedenen zeichnerischen Verfahren und auch für die zahlreichen Berechnungsarten die alten Formeln, wenn auch mit einigen Änderungen — hauptsächlich aber die uralte v. Roecklsche Formel für den Krümmungswiderstand — heute immer noch benutzt werden. Ich bin daher der festen — wiederum rein persönlichen — Meinung, daß wir nun die Versuche, die unsere Vorfahren mit so vielem Fleiß ausgeführt haben, im Zwange der ganz veränderten Verhältnisse erneuern müssen, und zwar in großem Umfange, wenn wir zu einigermaßen brauchbaren Widerstandsformeln gelangen wollen. Da nun solche Versuche natürlich sehr viel Geld kosten, mache ich den Vorschlag, die zur Berechnung der Fahrzeiten nötigen Unterlagen kostenlos aus dem Betriebe selbst zu entnehmen. Auf unserm großen Eisenbahnnetz kommen alle nur irgend denkbaren Verhältnisse vor, und es ist eine geringe Mühe, für jeden Fall auf einer Karte durch zweckmäßig gewählte Zahlen zu vermerken, welche Last eine bestimmte Lokomotive auf einer Steigung oder in einem Bogen bewegt hat und mit welcher Geschwindigkeit, welche Dampfspannung sie dabei gehabt hat, welcher Wind geherrscht hat usw. Wir würden dann viele tausend wertvolle Unterlagen erhalten, die der Wirklichkeit entnommen sind, und aus denen wir mit Hilfe unseres sehr gut bewährten Lochkartenverfahrens und der vorzüglichen Hollerith-Maschinen binnen kürzester Frist ein Durchschnittsergebnis gewinnen können, dem wir ruhig vertrauen dürfen.

Einen solchen, durchaus wohlgemeinten Vorschlag zu machen, ist das gute Recht eines freien Schriftwerkes, und wenn Herr Nordmann denselben noch am Schlusse seiner Auslassungen als: „so leichtfertig begründete Czygansche Zugführerkarte" bezeichnet, so überlasse ich es dem Urteil meiner Fachgenossen, welche Antwort eine solche Äußerung verdient. Im übrigen halte ich alle Ausführungen meiner Abhandlung in vollem Umfange aufrecht. Wenn wir alles Bestehende als tadellos betrachten wollen, dann wird eben jeder Forschritt unseres Eisenbahnwesens schon in der Wiege erdrosselt."

Czygan, Regierungs- und Baurat.

Zu vorstehenden Ausführungen geben wir nachstehend Herrn Reichsbahnoberrat Prof. Nordmann nochmals das Wort. Wir betrachten den Meinungsaustausch damit als abgeschlossen.

„Zu der Erwiderung des Herrn Regierungs- und Baurat Czygan, die doch auch ihrerseits Schärfen keineswegs vermeidet, gestatte ich mir folgende sachliche Bemerkungen:

1. Herr Czygan sieht in seiner Erwiderung eine Reformbedürftigkeit der Zugwiderstandsformeln in den Fortschritten des Oberbaus. Das schafft indes den Umstand nicht aus der Welt, daß in dem ursprünglichen Aufsatz die abweichenden Zahlenwerte verschiedener Widerstandsformeln in einer Unsicherheit an sich gesucht wurden, statt in den ganz verschiedenen Fahrzeugen, die den älteren und neueren Widerstandsformeln zugrunde lagen. Daß für die verschiedenen Fahrzeugarten auch verschiedene Widerstandsformeln anzuwenden sind, ist seit reichlich zwei Jahrzehnten Allgemeingut der Literatur.

2. Ein Einfluß des Oberbaus auf den Zugwiderstand ist ja von mir ausdrücklich zugegeben worden. Herr Czygan täuscht sich nur über die Größe dieses Einflusses; denn auf gute Lage des Oberbaus ist doch auch früher schon Wert gelegt worden. Die Vervollkommnung der letzten Jahre wird wohl eine gewisse Verminderung des Zugwiderstandes im Gefolge haben, ohne indes seine Größenordnung wesentlich zu verschieben. Denn neben den geringeren Stoßverlusten bleiben die übrigen, meist wesentlich größeren Komponenten des Zugwiderstandes, Achslagerreibung, rollende Reibung, Luftwiderstand, Steigungen und Krümmungen unverändert bestehen. Daß es überhaupt nicht möglich sei, durch Verkleinerung einer Art Stoßkoeffizienten, wie ihn Frank zuerst eingeführt hat, dem Oberbau Rechnung zu zu tragen, ist eine Behauptung, der ich nicht beizutreten vermag. Der Stoßkoeffizient würde sogar durch Nullsetzung dem absoluten Ideal des Oberbaus Rechnung tragen können, und auch seine quadratische Natur erscheint doch mindestens wahrscheinlich, da es sich vorwiegend um Stöße handelt.

Vor allem aber bietet eine etwas zu große Widerstandsformel für die Fahrzeitenbestimmung keinerlei Gefahr. Eine wesentlich zu große Formel würde sogar zu einer Verkürzung der Fahrzeiten führen können. Aber davon spricht Herr Czygan nirgends.

3. Daß im s/V-Diagramm die Zugwiderstandsformel der betreffenden Zuggattung steckt, deren Fehlerhaftigkeit Herr Czygan, wie gesagt, überschätzt, ist richtig. Dafür sind aber die genau gemessenen Zugkräfte der Lokomotive der Ausgangspunkt (vergl. Punkt 5); etwas zu groß eingesetzte Widerstände wären harmlos (vergl. Punkt 2).

4. Mit dem Wunsch, die v. Roecklsche Krümmungswiderstandsformel — wohlgemerkt für die Hauptfahrzeugarten — einer Nachprüfung zu unterziehen, kann ich mich einverstanden erklären. Ich habe den gleichen Wunsch bereits 1916 in „Glasers Annalen" 1. Halbband, Seite 136) geäußert.

Im übrigen geschieht auf dem Gebiet der Zugwiderstandsversuche z. Z. viel mehr, als Herr Czygan zu glauben scheint. Von einem „in einige Züge eingestellten Lokomotivmeßwagen" zu sprechen ist in diesem Zusammenhang eine vollständig abwegige Vorstellung; für systematische Untersuchungen werden naturgemäß immer besondere Züge gefahren, deren Fahrbedingungen man durchaus in der Hand hat.

5. Herr Czygan hält seinen Standpunkt trotz des ausdrücklichen Hinweises in meiner Erwiderung, daß wir die Lokomotivbelastung für volle Kesselanstrengung durch genaue Messungen feststellen, aufrecht. Damit will er also weiterhin die erfreulicherweise erreichte, objektiv richtige Lokomotivbelastung durch das vieldeutige, unsichere subjektive Verfahren ersetzen, das letzten Endes den Lokomotivführer allein zur Autorität der Fahrzeiten macht und gelegentliche Störungen und Unvollkommenheiten im Zuglauf in die Regelfahrzeit hereinbringt.

Der ursprüngliche Aufsatz, der unnötige Zweifel gegen wohl durchdachte Regeln äußerte und in bezug auf die Feststellung der Lokomotivleistung, wenn auch gewiß guten Glaubens, aber ohne Beachtung reichlich vorhandenen Materials einen Rückschritt empfahl, ist nicht etwa von mir allein als dem Sachverhalt nicht entsprechend empfunden worden; deshalb würde auch eine Erwiderung aus anderer sachverständiger Feder einer gewissen Schärfe wohl nicht entbehrt haben". Nordmann.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.



Zum Aufsatz: Verwendung von Steilweichen bei der Erweiterung des Züricher Hauptbahnhofs.

Hauptbahnhof Zürich. Maßstab 1:2000.

1. Bauabschnitt.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

C. W. Kreidel's Verlag, München.

1929
84. Jahrgang

ORGAN

Heft 18/19
20. September

FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN



FACHHEFT: UNGARN

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

84. Jahrgang | 20. September 1929 | Heft 18/19

Fachheft:

Ungarn

Der am 25./27. September 1929 in Budapest tagenden 61. Vereinsversammlung gewidmet.

Zur Einführung.

Die Schriftleitung des Organs, des altangesehenen und weitverbreiteten techn. Fachblattes des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen, hat durch die vorliegende, der in Budapest stattfindenden 61. Vereinsversammlung gewidmete Fest-Nummer einem langgehegten Plan der Direktion der k. ung. Staatsbahnen zur Erfüllung verholfen. Durch Herausgabe dieses Fachheftes ist uns die Möglichkeit gegeben, Entwicklung und Leistungen, Organisation und Bestrebungen der ungarischen Eisenbahnen sowie ihre Aufgaben im wirtschaftlichen Leben Ungarns und im internationalen Verkehr in einer so umfassenden Art und vor einer so großen Öffentlichkeit zu schildern, wie wir bisher noch nie Gelegenheit hatten.

An der Ausstattung der besonderen „Ungarn"-Nummer des Organs haben sich außer dem Beamtenkörper der ungarischen Eisenbahnen auch einige hervorragende Vertreter des ungarischen Verkehrswesens und wissenschaftlichen Lebens beteiligt, damit die geehrten Leser des Organs die ungarischen Eisenbahnen nicht allein aus den Beschreibungen der Eisenbahner von Beruf, sondern auch aus den Anschauungen und Meinungen der außerhalb des Eisenbahnwesens stehenden, mit Verkehrsfragen wissenschaftlich beschäftigten Fachmänner kennen lernen.

Gern bin ich selbst dem Ersuchen nachgekommen, zur Einführung einen allgemeinen Überblick über die ungarischen Eisenbahnen, ihre Entstehung, Entwicklung und — in besonderer Berücksichtigung der k. ung. Staatsbahnen — ihre gegenwärtige Lage und Bestrebungen zu geben.

Ohne diese Entwicklungsgeschichte wäre eine Darstellung der ungarischen Eisenbahnverhältnisse unverständlich. Ein besonders tief einschneidendes Ereignis bildet der schmerzliche Friedensvertrag von Trianon, in dem Ungarn über zwei Drittel seiner Bodenfläche entrissen und natürlicherweise auch dem ungarischen Eisenbahnnetz große Verluste mit in vielen Beziehungen unhaltbaren Folgeerscheinungen zugefügt wurden.

Staatssekretär ***von Samarjay,***
Präsident der Direktion der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Inhalt:

Die ungarischen Eisenbahnen.

Von Staatssekretär **von Samarjay**, Präsident der Direktion der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Hierzu Tafel 19.

Das vormalige Groß-Ungarn, an der östlichen Grenze von Mitteleuropa gelegen, umschloß das ganze mittlere Donaubecken und seine natürlichen Grenzen waren auf drei Seiten der Gebirgskranz der Karpathen und im Süden die Donau, Drau und Save. Infolge dieser natürlichen Begrenzung bildete das ganze Land eine auch geographisch zusammenhängende wirtschaftliche Einheit, in welcher die Lebensfähigkeit der einzelnen Gegenden dadurch gesichert war, daß sie in wirtschaftlicher Beziehung aufeinander angewiesen waren.

Eine naturgemäße Folge der geographischen Lage war, daß Ungarn, in den internationalen Verkehr eingeschaltet, durch das Donaubecken als unmittelbarste und geradeste Weglinie seit Jahrhunderten die Rolle der Verbindungsbrücke spielte, über welche die europäische Kultur gegen den Orient strömte; andererseits wurde Ungarn durch die Vermittlung des Warenaustausches zwischen dem Orient und Okzident zu einem wesentlichen Glied des mitteleuropäischen Durchgangsverkehrs und dadurch auch des Welthandels.

Durch diese geographische Lage war auch die Grundlage zum planmäßigen Ausbau des Eisenbahnnetzes gegeben, als in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts infolge der eifrigen Tätigkeit des Grafen Stefan von Széchenyi, der die Wichtigkeit der Eisenbahn vermöge seiner ausländischen Erfahrungen früh erkannte, sowie seiner bahnbrechenden Mitarbeiter, der Bau von Eisenbahnen auch auf ungarischem Boden begann.

Dem ursprünglichen Plane gemäß, welcher trotz anderweitiger Versuche schließlich voll und ganz zur Geltung gelangte, sollten strahlenförmig von Budapest, dem natürlichen Mittelpunkt des Landes, ausgehende Linien in den von der Natur angedeuteten unmittelbaren Wegrichtungen die Randgebiete mit dem Herzen des Landes verbinden, ihre Rohprodukte einsammeln, die Erzeugnisse der Kultur und des wirtschaftlichen Lebens verbreiten und durch die geeigneten Übergangspunkte auch mit dem Ausland zweckmäßige Verbindungen herstellen.

Die stufenweise Entwicklung der ungarischen Eisenbahnlinien ist auf Taf. 19, Abb. 2—5 veranschaulicht. Es ist daraus auch ersichtlich, daß die Pioniere des ungarischen Eisenbahnbaues für die Einschaltung der Eisenbahnen in den internationalen Verkehr und dadurch in den Welthandel ihr Ziel fest im Auge hatten, und daß auch die späteren Träger des ungarischen Verkehrswesens darauf bedacht waren, dieses Ziel in möglichst vollkommener Weise zu erreichen.

Zum Beweise führen wir folgende Zeilen des großen Reformators Graf Stefan von Széchenyi an (aus seinem bedeutenden Werk: „Vorschlag zur Ordnung des ungarischen Verkehrswesens“, erschienen am 25. Januar 1848, welches er als damaliger Verkehrsminister dem Reichstag unterbreitete):

„Der Sammelpunkt der Entwicklung des ungarischen Handels und der Industrie ist Budapest, das Herz des Landes, bezüglich dessen die einzelnen Verkehrslinien als jene Hauptadern betrachtet werden können, welche das Blut aus dem Herzen bis zu den Grenzen des Landes leiten. Demnach muß man die Hauptlinien von Budapest als Mittelpunkt ausgehend derart weiterführen, daß dadurch ermöglicht wird, unser Vaterland in den Weltverkehr einzuschalten und diese Wohltat womöglich auf das ganze Land auszubreiten.“

I. Zustand und Entwicklung der Eisenbahnen bis zum Friedensvertrag von Trianon.

Trotz der schweren und kritischen Zeiten, welche auf die Niederwerfung des nationalen Freiheitskampfes von 1848/49 folgten, wurde das ungarische Eisenbahnnetz nach

dem 15. Juli 1846, als die erste ungarische Eisenbahn mit Dampfbetrieb zwischen Pest und Vácz—(Waitzen) dem öffentlichen Verkehr übergeben wurde, durchaus im Sinne der politischen Grundsätze des Grafen Széchenyi ausgebaut. Diese Grundsätze bezweckten nicht allein die Befriedigung der besonderen Interessen Ungarns, sondern dienten auch den wirtschaftlichen Interessen von ganz Mitteleuropa.

In den der Eröffnung der ersten Bahn folgenden Jahren wurde durch den nationalen Freiheitskampf von 1848/49, sowie durch die nach seiner Niederwerfung entstandenen unsicheren wirtschaftlichen und politischen Zustände eine kräftigere Entwicklung des Eisenbahnnetzes verhindert, so daß bis zum Jahre 1867 bloß 2153 km gebaut werden konnten.

Im Anfang entstand der größte Teil des ungarischen Eisenbahnnetzes — infolge der ungünstigen finanziellen Lage des Staates — im Wege von Unternehmungen privater Gesellschaften, welche im Zeitraume von 1855 bis 1876 ihre lebhafteste Tätigkeit entfalteten. In dieser Periode entstanden die Linien der Österreichischen Staatseisenbahngesellschaft, der Theißbahn, der Südbahngesellschaft und anderer Privatgesellschaften.

Der Ungarische Staat trat erst im Jahre 1868 als Eisenbahntransport-Gesellschaft auf und in dieser Zeit entstand auch die erste Linie der k. ung. Staatsbahnen, nämlich die 126 km lange Strecke Pest—Salgótarján.

Es dauerte aber noch bis 1876 ehe das Staatsbahnsystem sich weiter auszudehnen begann und der lebhaftere Ausbau der Staatsbahnlinien einsetzte; dies geschah so schwungvoll, daß nach 30 Jahren, 1906, bereits der größte Teil der früheren Haupt-Verkehrsstrecken in den Besitz des Staates gelangt war, und mit Ausnahme der Linien der Südbahngesellschaft, der Kassa-(Kaschau)-Oderberger, Györ-Sopron-(Raab-Oedenburg)-Ebenfurter, Mohács-Pécser (Fünfkirchner)-Bahn, nur noch einige Privatbahnen minderer Bedeutung und die zum größten Teil zwischen den Jahren 1880 bis 1910 erbauten Lokalbahnen (Vizinalbahnen) im Privateigentum verblieben. Die letzteren Linien gelangten jedoch mit wenig Ausnahmen später ebenfalls in den Betrieb der Staatsbahnen.

Die Entwicklung des ungarischen Eisenbahnnetzes seit dem Jahre 1870, zeigt die folgende Zusammenstellung.

Jahr	Kilometerlänge der Strecken
1870	3471
1880	7098
1890	11301
1900	17245
1910	20315
1914	22627

Im letzten Friedensjahre vor dem Weltkrieg, also im Jahre 1914 betrug die Länge der Linien 22627 km, und zwar:

a) Hauptlinien	9312 km
b) Lokalbahnen	13315 „
Zusammen	22627 km

Davon entfallen:

a) auf die Staatsbahnlinien	8411 km
b) auf die Privatbahnen im Staatsbetrieb	10522 „
c) auf die Privatbahnen in eigenem Betrieb	3694 „
Zusammen	22627 km

II. Zustand der Eisenbahnen nach dem Friedensvertrag von Trianon.

Von dem oben erwähnten Netze hat der Friedensvertrag von Trianon insgesamt nur 8200 km im Besitze von Ungarn gelassen, und zwar:

a) Staatsbahnlinien	3191 km
b) Privatbahnen im Staatsbetrieb	4115 „
c) Privatbahnen in eigenem Betrieb	894 „
Zusammen	8200 km

Durch den Vertrag von Trianon hat demnach Ungarn nahezu zwei Drittel seines Eisenbahnnetzes verloren (vergl. die Karte Abb. 1 auf Taf. 19). Außer dieser Verstümmelung der Länge hat jedoch das Netz noch einen weiteren schweren Schlag erlitten.

Gelegentlich der Feststellung der neuen Grenzen und der Trennung der einzelnen Linien hat man nämlich die Frage ganz außer Acht gelassen, ob die einzelnen Linien angesichts der Trennung und der neuen verkehrsgeographischen Lage ihre Lebensfähigkeit behalten werden, ferner ob nicht Landesteile infolge der neuen Grenzen aus dem Verkehr mit dem übrigen Lande ausgeschlossen werden; endlich blieb auch der Umstand ganz außer Beachtung, welche Lage infolge des Durchschneidens der Linien vom eisenbahnbetrieblichen Standpunkte aus betrachtet entstehen werde.

Die Trianoner Landesgrenzen durchschnitten nämlich 49 Eisenbahnlinien, von welchen sieben in größere oder kleinere Mittelstationen mündeten, 42 aber auf offener Strecke im freien Felde endeten. Von den früheren Grenzstationen ist keine einzige in Ungarns Besitz geblieben, und während vor dem Friedensvertrag auf einem etwa dreimal so großen Netze nur sechs Zollgrenzstationen erforderlich waren, mußten danach 33 Grenzpunkte entsprechend eingerichtet werden.

Auch wurden die von Budapest strahlenförmig ausgehenden Hauptlinien unmittelbar vor ihren knotenpunktartigen Hauptstationen durchschnitten, so daß diese Eisenbahnzentralpunkte, wie z. B. Szabadka (Maria-Theresiopel), Arad, Nagyvárad (Großwardein), Szatmárnémeti, Csap, Kassa (Kaschau), Fülek, Érsekujvár (Neuhäusel), Bruck usw. vom Stammnetz abgetrennt wurden. Zugleich wurden auch jene Linien vom Stammnetze abgetrennt oder durchgeschnitten, welche ehemals die obenerwähnten Knotenpunkte miteinander verknüpften. Auf einzelnen durchschnittenen Linien mußte infolgedessen der Verkehr nicht nur bei uns, sondern auch auf den zugunsten der Nachbarstaaten abgetrennten Gebieten ganz aufgelassen werden. Dies hatte zur Folge, daß zwischen solchen Gegenden und ihren Bewohnern, welche früher eine organische wirtschaftliche Einheit bildeten, der unmittelbare Verkehr abgebrochen wurde. Dadurch litt natürlich auch deren Existenzfähigkeit.

Der Verlust der oben erwähnten Hauptstationen, welche in unmittelbarer Nähe der neuen Grenzen liegen, und sowohl in Beziehung auf den Verkehr wie auch auf den Zugförderungsdienst vorzüglich eingerichtet waren, erwies sich, vom wirtschaftlichen wie auch vom eisenbahntechnischen Standpunkte betrachtet, als katastrophal, und vervielfältigte noch jenen Schaden, den die Eisenbahnen durch die Verstümmelung ihrer Kilometerlänge erlitten. Die bei uns gebliebenen Hauptlinien verloren nämlich jenen Nährstoff, welcher ihnen vorher seitens dieser Knotenpunkte geboten wurde, und infolge der Abtrennung des verbindenden Netzes wurde ein Teil des früher natürlicherweise nach Ungarn gerichteten Durchgangsverkehrs von den bei uns gebliebenen Linien abgelenkt.

Diese Zustände stehen im schroffen Gegensatz zur rationellen Ordnung des mitteleuropäischen Verkehrswesens und haben zu Folge, daß die im vormaligen Gebiete von Groß-Ungarn gelegenen Durchgangslinien ihre natürliche Aufgabe nicht mehr erfüllen können. Es bedarf keiner ausführlichen Beweise, daß diese Ablenkung, die den Transport verteuert, den Warenaustausch erschwert und die Produktionskosten erhöht, nicht allein im wirtschaftlichen Leben Ungarns, sondern mittelbar auch in dem von ganz Europa und in der

Weltwirtschaft eine außerordentlich nachteilige Lage herbeiführt und großen Schaden verursacht.

Außerordentlich groß sind auch die Schwierigkeiten, die die Zerstückelung des Netzes, wie schon erwähnt, vom betriebstechnischen Gesichtspunkte aus betrachtet verursacht hat und auch jetzt noch verursacht. Längs der neuen Grenzen, in den auf den verstümmelten Linien gelegenen Endstationen, gab es nämlich keine Gebäude und Einrichtungen für die Verkehrsabwicklung, die Zollbehandlung sowie den Lokomotiv- und Wagendienst im Grenzübergang. Dadurch ergaben sich für die zweckmäßige und wirtschaftliche Abwicklung des Zugförderungsdienstes sowie die rationelle Ausnützung der Einrichtungen des Verkehrsdienstes nahezu unüberwindliche Schwierigkeiten, die noch dadurch vermehrt werden, daß infolge der veränderten Lage des Verkehrs- und Zugförderungsdienstes, ein großer Teil des Personals an Orten untergebracht werden muß, wo weder Wohnungen noch Ruhestellen, Schulen usw. zur Verfügung stehen.

Es wurde eben, wie aus dem Gesagten folgt, ein Eisenbahnnetz zerrissen und aufgeteilt, das im Laufe der Zeit unter Berücksichtigung der geographischen und wirtschaftlichen Lage sowie der Natur und Erfordernisse des Verkehrs und der rationellen Abwicklung desselben nach den Geboten innerer Notwendigkeit planmäßig ausgebaut worden war.

Die Organisation der Staatsbahnen war dem früheren Gebiete von Groß-Ungarn angepaßt, die Bezirkseinteilung der Linien und die Bestimmung der Sitze der einzelnen Amtsstellen geschah nach wirtschaftlichen Notwendigkeiten, während jetzt der wirtschaftliche Schwerpunkt der einzelnen Gegenden verschoben ist und dadurch, daß die Sitze der Betriebsleitungen der Staatsbahnen an den Rand des verstümmelten Landes gelangten und wegen Wohnungsmangels und anderer wirtschaftlicher Schwierigkeiten keine neuen Knotenpunkte errichtet werden konnten, die Verwaltung der Eisenbahnen in sehr vielen Beziehungen große Nachteile erlitt.

Außerdem entstand dadurch, daß das ungarische Bahnpersonal von den abgetrennten Gebieten flüchtete oder ausgewiesen wurde, ein großer Überfluß im Personalstand, so daß man genötigt war, ihn durch zwangsweise Versetzungen in den Ruhestand auf die Bedarfshöhe herabzusetzen. Dies brachte natürlich eine außerordentliche Zunahme der Pensionslasten mit sich. Im Jahre 1913 betrug — bei einem Personalstand von 67765 planmäßigen Bediensteten — die Gesamtzahl der Pensionisten — Witwen und Waisen mitgerechnet — 23894, während heute das verstümmelte kleine Netz bei einem Personalstand von 30800 Bediensteten die Last der Ruhegelder von 36622 Pensionisten zu tragen hat. Wie ungerecht diese Belastungen sind, bedarf wohl keiner näheren Begründung.

Sehr schwer mußte die wirtschaftliche Lage der ungarischen Eisenbahnen auch die nach dem Kriege erfolgte katastrophale Wertminderung des ungarischen Geldes empfinden, die besonders die Stoffwirtschaft und das Tarifwesen der Bahnen gefährdete. Bezüglich der ersteren ist es eine betrübende Tatsache, daß wir unsere Ergänzungsgebiete verloren und daher riesige Mengen von Schwellen, Eisenerzen, Bauholz usw. einführen müssen.

Der internationale Verkehr wurde in Friedenszeiten hauptsächlich auf den längs der Donau ausgebauten Hauptlinien abgewickelt, wo die Verhältnisse des Zugförderungsdienstes auf den ebenen Linien die günstigsten und billigsten sind. Eine von diesen ebenen Linien, nämlich die Hauptlinie Marchegg—Budapest, wurde, trotzdem sie durch eine Gegend führt, deren Bevölkerung zu 90% aus Ungarn und nur zu 10% aus Deutschen und Slovaken besteht, der Tschechoslowakei angegliedert.

Durch die Bestimmungen des Friedensvertrages von Trianon hat Ungarn nahezu drei Viertel seines Gebietes und beinahe zwei Drittel seines Eisenbahnnetzes verloren, und wenn wir noch hinzufügen, welche Schäden die Eisenbahnen durch die übermäßige Ausnützung während des Weltkrieges, durch den Entfall des regelmäßigen Bahnerhaltungsdienstes, durch die Nachkriegsrevolutionen, insbesondere aber durch die Verwüstungen der Besatzungstruppen erlitten haben, so haben wir ein volles Bild von der Lage gegeben, in welche die ungarischen Eisenbahnen gelangt sind.

Diese Lage wurde aber noch dadurch erschwert, daß unsere schönsten und neuesten Personenwagen und Lokomotiven in fremden Besitz gelangten und nur Trümmer und Personenwagen ohne Fenster und Einrichtungen in unserem Besitz verblieben. Der Fahrpark war derart zusammengeschmolzen, daß im Vergleich mit dem Jahre 1914 im Besitz der Staatsbahnen allein nur ein Zehntel der betriebsfähigen Lokomotiven, ein Dreizehntel der Personenwagen und weniger als ein Drittel der Güterwagen verblieb.

Während vor dem Weltkrieg die Lage und Einrichtung des Netzes den wirtschaftlichen Erfordernissen des Landes und den Interessen des internationalen Verkehrs in vollem Maße entsprochen hatte, gelangte nach dem Friedensschluß das wirtschaftliche Leben sowohl der Eisenbahnen wie auch des ganzen Landes in die trostloseste Lage, da das Land seiner in wirtschaftlicher Beziehung wertvollsten Teile beraubt war.

Der Personenverkehr, der, bezogen auf das gegenwärtige Netz von Rumpf-Ungarn nach dem Fahrplan vom 1. Mai 1914 eine tägliche Zahl von 83940 Zugkilometer aufwies, nahm stufenweise ab und sank zeitweise sogar zu 8% der obigen Leistung herab. Dasselbe war auch im Güterverkehr der Fall, der infolge der auf politische Gründe zurückzuführenden abwehrenden Haltung der Nachfolgestaaten sowie der mißlichen wirtschaftlichen Lage und allgemeinen Verarmung des Landes auf ein außerordentlich geringes Maß herabsank, was sich im Haushalt der Eisenbahnen natürlicherweise stark fühlbar machte.

III. Der Wiederaufbau der Eisenbahnen.

Trotz der oben erwähnten großen Schwierigkeiten waren sich jedoch die ungarischen Eisenbahnen der wichtigen Pflichten, welche ihrer im wirtschaftlichen Leben des Landes und im internationalen Verkehr harrten, voll bewußt und nahmen daher ohne Verzug die Arbeiten des Wiederaufbaus in Angriff.

Diese Arbeiten werden mit größter Willenskraft und Ausdauer stetig fortgesetzt. Einen lebhafteren Aufschwung konnten sie jedoch erst seit 1922 nehmen da bis dahin die allgemeine Verarmung, die ungünstige finanzielle Lage der Eisenbahnen und des Staates, die stetigen Schwankungen des ungarischen Geldwertes, die bei der Anschaffung der Betriebsstoffe entstandenen technischen Schwierigkeiten, und Übelstände anderer Art das Werk des Neubaues in sehr bedeutendem Maße hinderten.

Trotz dieser Schwierigkeiten waren jedoch die auf den Neubau der Staatsbahnen gerichteten Bestrebungen von Erfolg begleitet, so daß kaum ein bis zwei Jahre nach dem Weltkrieg der Unter- und Oberbau hergestellt, und auch die Wagen der Staatsbahnen bezüglich ihres Äußeren und ihrer inneren Einrichtung wieder in tadellosem Zustande zur Verfügung der Reisenden und Verkehrtreibenden standen.

Außer für die Herstellung der Strecken und Baulichkeiten tragen die Staatsbahnen auch für die weitere Entwicklung Sorge und bemühen sich, mit den Errungenschaften der Technik Schritt zu halten.

So wurden z. B. die Eisenbetonschwellen eingeführt und bereits in erheblichem Maße verwendet, was in Anbetracht unseres Mangels an Holz auch in wirtschaftlicher Beziehung von großer Bedeutung ist. Bisher wurden nahezu 160000 Eisenbetonschwellen eingebettet; die Schwellenfabrik der Staats-

bahnen ist für die Erzeugung von jährlich 30000 Stück eingerichtet, will jedoch diese Menge noch steigern.

Das Auswechseln der Schienen wird je nach den Mitteln von Jahr zu Jahr auf Grundlage eines vorher ausgearbeiteten Programmes fortgesetzt. Im vorigen Rechnungsjahr wurden 133 km neue Schienen gelegt, die noch brauchbaren alten Schienen auf Linien von geringer Wichtigkeit, in großen Mengen in geschweißtem Zustand, wieder verwendet.

Im allgemeinen wird großes Gewicht darauf gelegt, daß die Linien der Staatsbahnen mit schwachem Oberbau, baldmöglichst mit einem den neuen schweren Fahrzeugen entsprechenden Oberbau versehen werden. Auf den Hauptlinien ersten Ranges werden nunmehr, je nach der Wichtigkeit der Strecken, anstatt der Schienen von 42,8 kg solche von 48,3 kg verlegt, und zwar mit einer Länge von 24 m, gegenüber der früheren Länge von 16 m. Die Bahnerhaltungsarbeiten wurden in großem Maße rationalisiert, indem bei den meisten Arbeiten die Entlohnung im Gedinge erfolgt, und programmäßige Erhaltungsarbeiten („Hauptreparaturen") auf den einzelnen Teilstrecken eingeführt wurden.

Große Sorgfalt widmeten die Staatsbahnen auch der gründlichen Regelung und Abwicklung des mit dem öffentlichen wirtschaftlichen Leben in organischem Zusammenhang stehenden Güterverkehrs. Außerdem haben die ungarischen Eisenbahnverwaltungen trotz des verstümmelten Zustandes des Landes mit größten Opfern alles aufgeboten, um den internationalen Personen- und Güterverkehr einwandfrei, schnell und pünktlich abzuwickeln und dadurch auch das wirtschaftliche Weltinteresse zu fördern. An dem Ausbau und der Vervollkommnung der internationalen Verbindungen wird stetig gearbeitet. Ein außerordentlich wichtiger Schritt dazu war der Ausbau des zweiten Gleises zwischen Györ (Raab) und Hegyeshalom, weil dadurch die Hauptlinie Budapest—Wien bis zur Landesgrenze doppelgleisig wurde.

Um auch auf dem Gebiete der Energiewirtschaft Verbesserungen herbeizuführen, ließ die Staatsbahnverwaltung in den Jahren nach dem Kriege innerhalb ihres Erneuerungsprogrammes der Lokomotiven aus ungarischem Material und mit heimischen Arbeitskräften in der kön. ungarischen Maschinenfabrik drei neue völlig zeitgemäße Lokomotivtypen bauen. Von diesen dienen die vierfach gekuppelten Lokomotiven Serie 424 der Beförderung der schwerbelasteten Personen- und Güterzüge der Hauptlinien, ferner die ebenfalls vierfach gekuppelten Lokomotiven Serie 402 zur Beförderung der schwerbelasteten Güterzüge der Strecke Budapest—Hegyeshalom. Die neue Lokomotivtype Serie 22 aber wurde zur Ergänzung des auf den Lokalbahnen (Vizinalbahnen) eingeleiteten Motorwagenverkehrs gebaut und soll den Personenverkehr auf solchen Linien mit weniger günstigen Neigungsverhältnissen bedienen, deren Personenverkehr in starker Zunahme begriffen ist und infolgedessen vom Güterverkehr auf wirtschaftliche Weise losgetrennt werden kann.

Wenn man die großen Verwüstungen bedenkt, welche der ganze Wagenpark der Staatsbahnen nach dem Kriege aufwies, so kann die Verwaltung der Staatsbahnen mit Genugtuung feststellen, daß ihre neuesten Wagen auch den heikelsten Ansprüchen genügen. Die neuen Wagen werden nach amerikanischem System mit eisernem Kasten gebaut, ihre Abmessungen sind größer als die bisherigen und die Wagen bieten im allgemeinen auch mehr Bequemlichkeit als die früheren. Sämtliche Wagen sind mit Niederdruckdampfheizung neuesten Systems, mit elektrischer Beleuchtung und ohne Rücksicht darauf, welche Klassen sie führen, mit je zwei abgesonderten Toilettenräumen versehen. Die Wagen der ersten und zweiten Wagenklasse haben gepolsterte Sitze und es ist beachtenswert, daß auch die Wagen dritter Klasse mit hölzernen Sitzplätzen auf derselben Stufe stehen wie die ähnlichen Wagen der großen Bahnen Westeuropas.

Gelegentlich des Wiederaufbaues der Bahnen hat die Verwaltung der Staatsbahnen auch der Frage der Motorwagen große Aufmerksamkeit gewidmet. Zur Beförderung von ganz kleinen Zugeinheiten ist bekanntlich der Dampfbetrieb in der Regel unwirtschaftlich, da die Leistungsfähigkeit der Dampflokomotiven nicht ausgenutzt ist. Die Bahn ist daher aus wirtschaftlichen Gründen gezwungen, auf Nebenlinien den Verkehr mit gemischten Zügen abzuwickeln. Dabei kann infolge der geringen Anzahl und der Langsamkeit der Züge den Interessen des Personenverkehrs nur ungenügend Rechnung getragen werden. Aus diesem Grunde, nicht weniger aber auch um dem sich stetig ernster gestaltenden Wettbewerb des öffentlichen Kraftwagenverkehrs entgegentreten zu können, wenden sich die Eisenbahnen dem wirtschaftlicheren Motorwagenbetrieb zu, der geeignet ist, den Personenverkehr der Nebenlinien vom Güterverkehr zu trennen. In unserem Vaterlande hat man schon in früheren Zeiten mit dem Motorwagenbetrieb Versuche angestellt, einen lebhafteren Aufschwung erfuhr jedoch diese Betriebsart in jüngster Zeit durch die außerordentlich schnelle Entwicklung der Benzinmotoren, welche die Dampfmotorwagen gänzlich verdrängten. Die Motorwagen verkehren entweder einzeln oder mit ein bis zwei leichten Beiwagen, können nahezu so einfach wie die Automobile in Betrieb gesetzt und auf einfachere Art hinterstellt werden wie eine Dampflokomotive.

In der Reihe der Erneuerungsarbeiten der Staatsbahnen hat die im wissenschaftlichen und praktischen Leben heutzutage so oft erörterte Rationalisierung jederzeit eine große Rolle gespielt. Es würde zu weit führen, alle jene Gesichtspunkte zu schildern, welche in den Rationalisierungsbestrebungen zur Geltung gelangten und gelangen. Auf einen derselben müssen wir jedoch an dieser Stelle hinweisen, nämlich auf die wirtschaftlichere Verwendung des Personals und auf die Hebung seiner Berufsbildung. Da sich unsere Leser wohl in erster Reihe für die Ausbildung des technischen Personals interessieren, führen wir an, daß das Budapester kön. Josef-Polytechnikum den Bedürfnissen der Ungarischen Staatsbahnen stets das größte Interesse entgegengebracht hat; in der Reihe seiner hervorragenden Professoren finden wir auch mehrere ehemalige Oberbeamten der Staatsbahnen, so Cornelius von Zelovich, Professor des Verkehrswesens und des Eisenbahnbaues, der früher eine der leitenden Stellen der Bau- und Bahnerhaltungshauptsektion der Staatsbahndirektion bekleidete und gegenwärtig in der Eigenschaft eines Delegierten der Regierung den Herrn Finanzminister in der Plenarsitzung der Staatsbahnen vertritt und die gegenwärtige Sondernummer des „Organs" mit einer seiner letzteren Arbeiten ebenfalls bereichert hat. Professor von Zelovich hat sich während seiner praktischen Wirksamkeit davon überzeugt, daß der Eisenbahningenieur auch in den ersten Anfängen seiner Laufbahn seinem Berufe nur dann in vollem Maße gerecht werden kann, wenn er neben seiner technisch-wissenschaftlichen Ausbildung auch mit gründlichen volkswirtschaftlichen Kenntnissen ausgerüstet ist.

In dem unter seiner Leitung stehenden Verkehrsseminar, sowie in den anderen staatswirtschaftlichen und statistischen Seminaren des Polytechnikums herrscht daher stets eine rege, auch die Eisenbahnen einbeziehende Tätigkeit.

Die Erneuerungstätigkeit der Staatsbahnen ist jedoch durch die geschilderten Arbeiten keineswegs erschöpft. Wie wir bereits erwähnten, hat die Zahl der Grenzstationen infolge der Bestimmung der Landesgrenzen und der gewaltsamen Verstümmelung der Linien bedeutend zugenommen. Es müssen daher in diesen Stationen die Gleise weiter aus-

gebaut, Magazine angelegt, sowie Lade- und Umladerampen, Drehscheiben, Heizhäuser, Wasserstationen, Baulichkeiten für die Untersuchung des Gepäcks und für die Zollbehandlung errichtet, ferner für die Personalmehrung Diensträume und Übernachtungsräume, Wohnungen usw. gebaut werden. Alle diese Arbeiten wären unbedingt notwendig, damit unser Netz in den internationalen Transitverkehr eingeschaltet werden und den verschiedenen Erfordernissen desselben entsprechen kann.

Nach den mit den anschließenden Nachbarbahnen zustande gekommenen Verträgen müssen ferner auch für das Bahn- und Zollamtspersonal des Nachbarstaates Amtsräume, Wohnungen und Übernachtungsgebäude gebaut und muß für die Unterbringung und Abstellung der Lokomotiven und Wagen gesorgt werden. Da jedoch zu diesen Zwecken keine genügenden Mittel zur Verfügung stehen, können wir nur einen unbedeutenden Teil dieser Arbeiten wirklich ausführen.

Es muß daher an vielen Orten auch heute noch die Reisepaß- und Gepäckrevision der Reisenden in den Wartesälen oder in anderen vielfach ungenügenden Räumen erledigt werden. Trotz der finanziellen Schwierigkeiten waren wir bisher gezwungen, wenigstens in einigen neuen Grenzstationen für einzelne unbedingt notwendige Einrichtungen zu sorgen, um den langen Aufenthalt der Züge abzukürzen, z. B. in den Grenzstationen Hegyeshalom, Szob, Somoskőujfalu, Bánréve, Biharkeresztes, Lökösháza, Szentgotthárd und außerdem noch an einigen Orten. Diese Einrichtungen genügen wohl für kurze Zeit; die infolge der neuen Verhältnisse außerordentlich vermehrten Zollstationen werden jedoch auch im Falle der idealsten Einrichtungen ein dauerndes Hindernis des Warenaustausches bilden.

In vielen neuen Grenzstationen gibt es bisher noch keine Heizhäuser und sonstigen Einrichtungen für den Zugförderungsdienst, unsere eigenen Lokomotiven wie auch diejenigen des Nachbarstaates müssen unter freiem Himmel stehen, bedürfen deshalb in kürzeren Zeitspannen als es sonst notwendig wäre, größerer Ausbesserung. Auch bezüglich der Diensträume und Wohnungen des in den Grenzstationen Dienst leistenden Bahnpersonals ist die Lage mißlich, nachdem wir bisher diesen Bedürfnissen nur in einem sehr geringen Maße Genüge leisten und selbst diese sehr geringen Beträge nur dadurch zur Verfügung stellen konnten, daß andere nützliche Arbeiten unterblieben. So mußten unter anderem verschiedene Arbeiten in den Gleisanlagen verschoben werden.

Die neuen Grenzbestimmungen und die gewaltsame Verstümmelung der Eisenbahnlinien hatte auch eine wesentliche Änderung der inländischen Verkehrsbeziehungen zur Folge. Der innere Verkehr zwischen einzelnen Orten, welche vor dem Kriege in direkter kurzer Verbindung miteinander standen, kann gegenwärtig nur auf langwierigen Umwegen aufrecht erhalten werden. Diese Übelstände machten auch auf den Linien und Stationen im Inneren des Netzes verschiedene kostspielige Ergänzungsbauten notwendig, ohne daß dadurch die Verkehrsverhältnisse so günstig geworden wären, wie sie in der Vorkriegszeit waren, und ohne daß für die Bevölkerung eine unmittelbare und natürliche wirtschaftliche Berührung gesichert worden wäre.

Diese Linien und Stationen könnten selbst dann nicht unter die ehemaligen gesund entwickelten wirtschaftlichen Verhältnisse zurückgeführt werden, wenn mit großen Geldopfern neue Linien gebaut und die verstümmelten Strecken in das Netz neuerlich eingeschaltet würden. Übrigens besteht vorläufig wegen der schwierigen finanziellen Verhältnisse keine Aussicht, die zu diesen Bauten notwendigen Beträge flüssig zu machen.

Die Verwaltung der k. ung. Staatsbahnen hat demnach alles aufgeboten, um in der durch die neuen Grenzen geschaffenen Lage den Bedürfnissen sowohl des inländischen wie des ausländischen Verkehrs Genüge zu leisten, sie war mangels der nötigen Mittel jedoch nicht imstande, sämtliche Aufgaben zu lösen. Aber selbst wenn das noch Fehlende geschaffen würde, wird es infolge der Verheerungen des Weltkrieges und der Nachkriegszeit, namentlich aber infolge der Grenzbestimmungen und der gewaltsamen Verstümmlung des ungarischen Eisenbahnnetzes nicht möglich sein, im Donaubecken solche Zustände zu schaffen, daß damit wieder der In- und Auslandsverkehr tadellos und ohne Hindernisse abgewickelt werden könnte, denn die natürlichen Wegrichtungen können trotz aller Künstelei nicht geändert und weder durch menschliche Kräfte noch auf andere Art ersetzt werden.

IV. Verkehr und Betriebswirtschaft der Staatsbahnen.

Durch die Friedensverträge wurde die vormalige österreichisch-ungarische Monarchie zerstückelt und Ungarn derart verstümmelt, daß dies auch in der Lage des Verkehrs und der Betriebswirtschaft der k. ung. Staatsbahnen wesentliche Änderungen zur Folge hatte. In der weit ausgedehnten Monarchie kamen die Staatsbahnen infolge ihrer günstigen geographischen Lage nicht nur in bezug auf den Verkehr zwischen den einzelnen Staaten und Ländern untereinander, sondern auch in den über das Gebiet der Monarchie führenden Verkehrsbeziehungen stets zu sehr bedeutenden Transporten sowohl in den Richtungen von West nach Ost, wie auch gegen Nord und Süd und umgekehrt. In diesen Verkehrsbeziehungen hatten die Staatsbahnen mit keiner besonderen Konkurrenz zu kämpfen, und die Beförderung konnte auf den in Betracht kommenden, in ebenem Gebiet liegenden Hauptlinien auf eine recht billige und wirtschaftliche Weise durchgeführt werden. Dabei hat der Verkehr der Staatsbahnen im Rahmen der Monarchie von Jahr zu Jahr eine gewisse Sicherheit und Gesetzmäßigkeit aufgewiesen, was vom Standpunkte der Wirtschaftlichkeit ebenfalls von großer Bedeutung war.

Infolge der Gebietsveränderungen und der Verstümmlung des Landes wie auch infolge des außerordentlich lebhaften Wettbewerbs der umgebenden Staaten mußten die Staatsbahnen nicht nur dieser Vorteile entbehren, sondern die Lage wurde auch noch dadurch erschwert, daß auch der Wohlstand der Bevölkerung Rumpf-Ungarns sich allgemein verringerte. Der innere Personen- und Güterverkehr kommt daher nur schwer zum Aufschwung und die Staatsbahnen sind genötigt, zur Hebung der inneren Wirtschaft und Linderung der sozialen Not bedeutende Opfer zu bringen.

Trotz aller dieser Schwierigkeiten hat der Verkehr der Staatsbahnen in der letzten Zeit einen lebhaften Aufschwung genommen, und wenn er vielleicht bisher die gewünschte Bedeutung auch noch nicht erreicht hat, so kann man doch hoffen, daß die Zunahme des Verkehrs stetig sein und an Bedeutung noch gewinnen wird. Um über die Gestaltung der Verkehrsverhältnisse der Staatsbahnen einige Übersicht bieten zu können, vergleichen wir in der folgenden Zusammenstellung (Seite 317 oben) den Verkehr der Staatsbahnen von Groß-Ungarn im Jahre 1913 mit dem Verkehr von Rumpf-Ungarn im Jahre 1928.

Diese Zahlen veranschaulichen nicht nur die Größe des Verkehrs, sondern auch die betriebswirtschaftlichen sehr bedeutenden Änderungen. Auf den ersten Blick schon fallen die großen Unterschiede zwischen der Entwicklung des Personenverkehrs und des Güterverkehrs ins Auge. Während nämlich auf dem verstümmelten Netze Rumpf-Ungarns der Personenverkehr im Verhältnis zum Jahre 1913 eine Zunahme von 62% und 75% erreicht hat, weist der Güterverkehr nur 38% und 51% des Güterverkehrs von 1913 auf. Wenn wir beachten, daß auch die k. ung. Staatsbahnen zu jenen Bahnen

Zusammenstellung.

	Im Jahre 1913	Im Jahre 1928	Verhältnis zwischen 1928 und 1913 in %
Zahl der beförderten Reisenden . . .	119314174	89584494	75
Zahl der Fahrgast-Kilometer . . .	4185138677	2633543736	62
Auf einen Reisenden entfallen	35 km	29,4 km	84
Tonnengewicht der beförderten Güter	59473795	30166297	51
Tonnenkilometer der beförderten Güter	7247301358	2706872546	38
Auf je eine Tonne der Güter entfallen	121,8 km	89,7 km	73

gehören, deren hauptsächlichste Einnahmequelle der Güterverkehr ist, so erkennen wir die schweren Folgen dieser Zahlen vom betriebswirtschaftlichen Standpunkte aus. Diese erhellen auch aus dem Verhältnis der Einnahmen und Ausgaben, d. h. aus der Gestaltung der Betriebszahl. Diese war im Jahre 1913 bis 80,29%, während sie im letzten Rechnungsjahr bereits 97,17% erreichte. Die Rentabilität der Bahnen Rumpf-Ungarns ist demnach im Vergleich zu der Rentabilität der Bahnen Groß-Ungarns bedeutend geringer geworden, eine Tatsache, die, wenn auch nicht ganz, so doch jedenfalls zum größten Teil den mit der Gebietsverstümmlung verbundenen Verkehrsänderungen zugeschrieben werden muß.

Eine große Erschütterung in der finanziellen Lage der Staatsbahnen verursachte die Gebietsverstümmlung auch durch die schon eingangs erwähnte außerordentliche Zunahme der Pensionslasten. Während im letzten Friedensjahr 1913 die Ruhegehälter 12% der Gehälter des aktiven Personals ausmachten, ist heute diese Verhältniszahl 46%, also mehr als das Dreifache geworden.

V. Die gegenwärtige Organisation der Staatsbahnen.

Das oberste Aufsichtsrecht über die k. ung. Staatsbahnen übt der k. ung. Handelsminister aus. Hiervon abgesehen, erledigt jedoch die Staatsbahnverwaltung auf allen Stufen ihrer Organisation ihre Angelegenheiten selbständig, wobei den ständig wechselnden Erfordernissen des wirtschaftlichen Lebens strenge Aufmerksamkeit gewidmet, die größte Wirtschaftlichkeit fortwährend vor Augen gehalten und der Grundsatz der unmittelbaren persönlichen Verantwortlichkeit zur Geltung gebracht wird.

Die Direktion.

Der Sitz ist: Budapest, VI. Andrássy ut 73/75.

An ihrer Spitze steht der Direktionspräsident mit sieben Direktoren. Die sieben Hauptsektionen, welche von je einem Direktor geleitet werden, sind die folgenden.

1. Hauptsektion für allgemeine Verwaltung. (A) Ihre hauptsächlichen Aufgaben bestehen in der Sicherung der allgemeinen Ordnung, der Disziplin und der Gleichförmigkeit der Verwaltung, in der Erledigung der allgemeinen Angelegenheiten des Personals, der Unterrichts- und Disziplinarangelegenheiten. Leitung des ärztlichen Dienstes. Rechtliche Vertretung des Instituts usw.

2. Hauptsektion des finanziellen Dienstes. (B) Zusammenstellung des Budgets und Aufstellung der Schlußrechnungen (Bilanz). Ständige Überwachung der Einnahmen und Ausgaben, somit der der finanziellen Lage. Sicherung und Kontrolle der kreditmäßigen Verwendung der Beträge des Kostenvoranschlags. Allgemeines Rechnungswesen. Oberste Buchführung usw.

3. Kommerzielle Hauptsektion. (C) Erstellung der Personen-, Gepäck- und Gütertarife. Stetige Weiterentwicklung des Verkehrs. Allgemeine Leitung des kommerziellen Dienstes. Endabrechnung von Transportangelegenheiten. Statistik. Vorbereitung internationaler Verträge. Schaffung und Pflege unmittelbarer Verbindungen mit den Vertretungen der verschiedenen Interessen, also mit dem wirtschaftlichen Leben selbst. Unter der Leitung dieser Hauptsektion steht auch ein Amt mit einem Personal von mehreren hundert Bediensteten, das sogenannte Abrechnungsbureau (Budapest, VI. Teréz körut 60) in dessen Wirkungskreis die Rückerstattungen, die Aufstellung der kommerziellen Statistik und andere Angelegenheiten gehören.

4. Hauptsektion für Bau und Bahnerhaltung. (D) Verfertigung von Plänen für Bauten, Erweiterungen und Umgestaltungen. Überprüfung derselben und allgemeine Leitung der Ausführung derselben. Leitung der Kontrolle des Bahnerhaltungs- und Bahnaufsichtsdienstes. Entwürfe und Bau von neuen Linien. Technische Revisionen usw.

5. Hauptsektion für den Zugförderungsdienst. (Maschinendienst.) (E) Leitung des Zugförderungsdienstes. Konstruktion, Anschaffung und Erhaltung des Rollmaterials und der mechanischen Einrichtungen. Leitung und Überwachung des Dienstes der selbständigen Werkstätten usw.

6. Verkehrs-Hauptsektion. (F) Allgemeine Leitung des Verkehrsdienstes. Transport-, Wagendirigierungs-, Wagenabrechnungs- und Reklamations-Angelegenheiten. Ausführung und Unterhaltung von Telegraphen-, Telephon- und Sicherheitseinrichtungen. Erstellung der Fahrpläne. Bestimmung der Anzahl, der Gattungen und der Belastungen der Züge. Ständige Beobachtung der Gestaltung des Personen- und Güterverkehrs des Gesamtnetzes usw.

7. Hauptsektion für Stoffverwaltung und Inventar. (G) Bestimmt auf der Grundlage der Angaben der übrigen Hauptsektionen die notwendigen Mengen der Materialien und beschafft sie. Daher muß sie die Marktverhältnisse des In- und Auslandes ständig beobachten. Sicherung und Kontrolle der wirtschaftlichen Behandlung und Verwendung der Materialien und der Inventargegenstände. Verwertung von überzähligen Materialien. Untersuchung der Materialien (Chemisches Laboratorium) usw.

Die Betriebsleitungen.

Die unmittelbare Leitung und Beaufsichtigung des äußeren (exekutiven) Verkehrsdienstes obliegt auf dem ganzen Netze der k. ung. Staatsbahnen den der Direktion untergeordneten sechs Betriebsleitungen, an deren Spitze je ein Betriebsdirektor steht.

Die Sitze dieser Betriebsleitungen sind: 1. Budapest, 2. Miskolc, 3. Debreczen, 4. Szeged, 5. Szombathely (Steinamanger), 6. Pécs (Fünfkirchen).

Jede dieser Betriebsleitungen hat fünf Abteilungen (Sektionen) und zwar: I. Sekretariat. Personal- und allgemeine Verwaltungsangelegenheiten. II. Bau- und Bahnerhaltung. III. Verkehr und kommerzielle Angelegenheiten. IV. Zugförderungsdienst. V. Rechnungswesen. (Abteilung für Finanzwesen).

Der exekutive (äußere) Dienst.

Die eigentlichen Organe dieses Dienstes sind:

a) die Stationen (Verkehrs- und kommerzieller Dienst, Magazinsdienst),

b) die Heizhäuser (Zugförderungsdienst),



c) die Ingenieursektion (Bau- und Bahnerhaltungsdienst),
d) die Materialdepots (Materialien-Manipulationsdienst)
und
e) die Werkstätten (Reparatur und Erhaltung des Rollmaterials).

Das Personal der Staatsbahnen.

Der Gesamtstand zählt gegenwärtig 59300 Köpfe. Von dieser Anzahl entfallen 30800 auf das ernannte oder systemisierte Personal und 28500 auf die Arbeiter, davon 12050 ständige (definitiv angestellte) Arbeiter und 16450 Saisonarbeiter.

Im äußeren (exekutiven) Dienst sind verhältnismäßig weniger Beamte beschäftigt, als in den Zentralämtern, wo die Leitung und Kontrolle ausschließlich von solchen erledigt wird; sie müssen über entsprechende technische oder juristische Kenntnisse verfügen und auch zum Verwaltungsdienst geeignet sein.

Wir wollen uns nicht damit rühmen und wiederholt darauf hinweisen, daß die Verwaltung der k. ung. Staatsbahnen, sowie die Leitung der ungarischen Bahnen und deren gesamtes Personal stets bestrebt war, mit den modernen Eisenbahnen anderer Länder Schritt zu halten, rationell zu arbeiten und dem ungarischen Namen Ehre zu bereiten; auch die folgenden Artikel veröffentlichen wir nicht aus Selbstüberhebung, sondern nur um zu zeigen, daß das Korps der ungarischen Ingenieure von den ehrlichsten Bestrebungen beseelt ist, und um die Aufmerksamkeit des großen Leserkreises des „Organs" auf die besonderen ungarischen Probleme und auf die eifrige Tätigkeit der Gesamtheit der ungarischen Eisenbahningenieure zu lenken.

Die Dampflokomotiven der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Von Ministerialrat Ing. v. Láner, Direktion der kön. ungar. Staatsbahnen.

Hierzu Tafel 20 und 21.

Einleitung.

Die k. ung. Staatseisenbahnen sind aus dem ursprünglichen verhältnismäßig kleinen Netz der eigentlichen Staatsbahnen im vorigen Jahrhundert in der Weise entstanden, daß eine Anzahl bereits im Betriebe befindlicher Privatbahnen verstaatlicht wurde, wozu in der Folgezeit auch neu gebaute staatliche Linien hinzukamen.

Die Verstaatlichung der Privatbahnen begann in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts mit der Verstaatlichung der ehemaligen ungarischen Ostbahn; den Abschluß bildete die im Jahre 1891 erfolgte Verstaatlichung der ungarischen Linien der ehemaligen Österreich-Ungarischen Staatseisenbahnen-Gesellschaft.

Außer den staatlichen Neubauten ist auch eine bedeutende Anzahl von sogenannten Vizinalbahnen (Lokalbahnen) von Privatgesellschaften gebaut worden, die im Betriebe der Staatsbahnen stehen.

Aus der oben geschilderten Art der Entstehung der ungarischen Staatsbahnen erhellt ohne weiteres die Tatsache, daß die ungarischen Staatsbahnen nach Ausgestaltung ihres Liniennetzes in den Besitz von sehr zahlreichen Lokomotivtypen mannigfachster Bauart und Herkunft gelangten.

Nach den Verstaatlichungen erfolgte zwar eine Ausscheidung gewisser veralteter Bauarten, doch mußte den stets steigenden Anforderungen des Verkehrs Rechnung tragend, nun die Staatsbahn als Ersatz neue Bauarten einführen. So kam es, daß vor Ausbruch des Weltkrieges bei einer Betriebslänge von ungefähr 18000 km Normalgleis die Anzahl der Lokomotivtypen auf rund 100 stieg.

Daß diese große Zahl von Lokomotivtypen einer rationellen und wirtschaftlichen Zugförderung besonders hemmend entgegenwirkte, bedarf wohl keiner näheren Darlegung.

Nach dem Kriege gestaltete sich die Lage in dieser Hinsicht auch nicht günstiger.

Der Bestand an Lokomotiven betrug im Jahre 1914 rund 3800, zu Kriegsende 4900 Stück. Infolge der starken Einbuße nach dem Kriege (Abtrennung von rund $^2/_3$ des Liniennetzes, Verschleppung von Rollmaterial durch die Rumänen usw.) und nach erfolgter Ausmusterung veralteter Lokomotiven sind die Staatsbahnen bei einer Betriebslänge von 7250 km nunmehr im Besitze von rund 1840 Lokomotiven, die seit dem Jahre 1919 angeschafften mitinbegriffen.

Vor der Ausmusterung waren im Lokomotivpark noch rund 70 Lokomotivserien vertreten, nach der Ausscheidung von rund 220 Lokomotiven ist diese Zahl auf 50 gesunken. Selbst diese Anzahl ist noch unwirtschaftlich hoch, könnte man doch mit rund 20 Lokomotivreihen das Auslangen finden; von einer weiteren Verschrottung veralteter Lokomotiven muß jedoch mangels der zum Ersatz nötigen finanziellen Mittel der nächsten Zukunft abgesehen werden.

Behufs Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Zugförderungsdienstes werden einerseits die Lokomotiven älterer Bauart bei schwächerem Verkehr abgestellt, andererseits wurden die hierzu noch geeigneten Lokomotiven durch Einbau von Überhitzern, Anordnung von Speisewasservorwärmern und anderen neuzeitlichen Einrichtungen wirtschaftlicher gestaltet. Auf diese Weise und durch Anwendung entsprechender Verwaltungsmaßregeln ist es gelungen, den spezifischen Kohlenverbrauch der Lokomotiven in dem Maße zu verbessern, daß er in der letzten Zeit bereits unter den Verbrauch der Vorkriegszeit gesunken ist. Der durchschnittliche spezifische Kohlenverbrauch des Gesamtnetzes für je 100 Bruttotonnenkilometer (ohne Anrechnung der Lokomotivgewichte) gestaltete sich wie folgt:

Jahr	kg Normalkohle	Jahr	kg Normalkohle
1911	11,20	1920	21,20
1912	11,48	1921	19,09
1913	11,25	1922	16,55
1914	11,23	1923	15,44
1915	11,35	1924	14,54
1916	11,69	1925	12,48
1917	12,97	1926	11,03
1918	12,85	1927	10,54
1919	22,40	1928	10,75

Als Normalkohle gilt eine Kohle von 4350 W.E. und 4,27facher Verdampfung. Wird in Betracht gezogen, daß die jetzigen Landesgrenzen die Wirtschaftlichkeit der Zugförderung höchst nachteilig beeinflussen (so sind die Lokomotivdiensteinteilungen infolge der Kürze der neu abgegrenzten Linien unvorteilhaft, günstig gelegene Linien mit starkem Verkehr wurden abgetrennt usw.), so erhalten die oben angeführten Zahlen erhöhten Wert.

Die neuere Entwicklung des Lokomotivparks.

Wie eingangs erwähnt wurde, kam die Verstaatlichung der ungarischen Eisenbahnen im Jahre 1891 zum Abschluß.

Von diesem Zeitpunkte an schufen die Staatsbahnen im Verein mit der staatlichen Maschinenfabrik in Budapest die eigentlichen Staatsbahnbauarten, unter denen mehrere vom geschichtlichen Standpunkt als interessant betrachtet werden können. Es mag hier z. B. die 2 B-Vierzylinder-Verbund-Schnellzuglokomotive mit Tandemanordnung der Dampfzylinder erwähnt werden, die im Jahre 1892 gebaut wurde.



Die nachfolgenden zwei Jahrzehnte bis zum Kriegsausbruch — Sturm- und Drangperiode der ungarischen Staatsbahnen — weisen eine mächtige Entwicklung auf. Die infolge der Erhöhung der Zuggewichte und Fahrgeschwindigkeiten stetig steigenden Bedürfnisse erheischten immer leistungsfähigere Lokomotivbauarten. Unter sorgfältiger Beobachtung der Entwicklung der Lokomotivtechnik im Auslande entstanden nun in rascher Reihenfolge die neuen Bauarten der ungarischen Staatsbahnen.

Was die Entwicklung der Schnellzuglokomotiven anbelangt, befriedigte die 2 B-Anordnung bis zum Jahre 1901, danach folgten leistungsfähige 2 B 1-Vierzylinder-Verbundlokomotiven und vom Jahre 1912 an mußten auch letztere den 1 C 1-, 2 C- und 2 C1-Bauarten weichen. Nach Kriegsende zeigte sich das Bedürfnis nach noch leistungsfähigeren und zugkräftigeren Lokomotiven; so entstand vor einigen Jahren die 2 D-Bauart der ungarischen Staatsbahnen.

Der Aufschwung des Vorortverkehrs erheischte auch Sonderbauarten; für diese Zuggattungen wurden 1 C 1- und 1 D-Tenderlokomotiven in Dienst gestellt.

Für den Güterzugdienst entstanden verschiedene Bauarten der C- und D-Anordnung und als Regelbauart wurden in größerer Anzahl 1 C 1-Lokomotiven für Flachlandstrecken beschafft. Für Hügellandstrecken wurde vor zwei Jahren eine 1 D-Bauart entworfen.

Zur Abwicklung des Verkehrs auf steigungsreichen Strecken mit langen Steigungen bis zu 25% (z. B. auf den Teilstrecken Cameral Moravice—Fiume, Salgótarján—Ruttka, Piski—Petrozsény, Brassó—Predeál usw.) sind sehr leistungsfähige Mallet-Lokomotiven gebaut worden. Hierunter sind zu erwähnen die B + B-, 1 B + B-, C + C-Bauarten und endlich die 1 C + C-Lokomotive Reihe 601, welche auch heute noch zu den leistungsfähigsten Lokomotiven des Festlandes zählt.

Für die in verhältnismäßig großer Betriebslänge vertretenen Lokalbahnen mit leichtem Oberbau wurden zwei 1 C 1-Tenderlokomotivarten eingeführt; auch für die vom Staate betriebenen Privat-Schmalspurbahnen sind verschiedene Bauarten, darunter mit Klien-Lindner-Hohlachsen entworfen worden.

Der in den letzten Jahren immer stärker fühlbare Wettbewerb des Autoverkehrs hatte auf den Lokalbahnen eine tiefgehende Änderung der Zugförderung zur Folge. Auf vielen Strecken wurden die gemischten Züge aufgelassen und der Personenverkehr vom Güterverkehr vollkommen getrennt. Zur Abwicklung des Personenverkehrs wurden teilweise Triebwagen, teilweise zur Beförderung von leichten Personenzügen mit erhöhter Reisegeschwindigkeit die leichte 1 B 1-Tenderlokomotive Reihe 22 als neueste Bauart der Staatsbahnen beschafft.

Vervollkommnung der Lokomotivbauarten.

Die ungarischen Staatsbahnen haben im Laufe der Entwicklung ihrer Lokomotivbauarten stets die neuesten Errungenschaften der Lokomotivtechnik berücksichtigt. Mit dem Werdegang der Dampflokomotiven Schritt haltend haben sie zu Anfang der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts an ihren Lokomotiven die Verbundwirkung eingeführt. Wie oben erwähnt, besaß die Staatsbahn bereits zu dieser Zeit Vierzylinder-Verbundlokomotiven in Tandemanordnung. Bald nachher folgten auch vierzylindrige Lokomotiven mit in einer Reihe angeordneten Zylindern teils nach Bauart v. Borries, teils nach Bauart de Glehn. Auch die Einführung des Heißdampfes erfolgte rechtzeitig und es wurden gründliche Versuche mit dem Pielock-Überhitzer, Dampftrockner Bauart Clench und endlich mit dem Schmidt-Überhitzer durchgeführt. Seit dem Jahre 1910 sind alle Lokomotiven mit Schmidt-Überhitzer gebaut worden; im derzeitigen Bestand sind 720 Lokomotiven mit diesem Überhitzer ausgerüstet.

In den Jahren 1912 und 1913 haben die Staatsbahnen sehr umfangreiche Vergleichsversuche an Heißdampflokomotiven mit einfacher und zweifacher Dampfdehnung unternommen. Diese Versuche wurden mit der Zwillings- und Zweizylinderverbundbauart der 2 C-Lokomotive Reihe 327, ferner mit der Vierlings- und Vierzylinder-Verbundbauart der 2 C 1-Lokomotive Reihe 301 durchgeführt. Auf Grund der Versuchsergebnisse und nach reiflicher Überlegung aller betrieblicher und wirtschaftlicher Verhältnisse entschieden sich die Staatsbahnen, bei Anwendung hochüberhitzten Dampfes zugunsten der einfacheren, in Anschaffung und Instandhaltung billigeren Zwillings- bzw. Vierlingsanordnung. Dementsprechend sind sämtliche neue Lokomotiven seit Kriegsanfang als Heißdampflokomotiven mit einfacher Dehnung des Dampfes ausgeführt worden.

Ein besonderes Augenmerk haben die ungarischen Staatsbahnen stets auch den verschiedenen Einrichtungen zur Vorwärmung des Kesselspeisewassers gewidmet.

Im Laufe der Zeiten sind verschiedene Speisewasservorwärmer erprobt worden. Sorgfältige Versuche wurden durchgeführt mit Pumpenvorwärmern der Bauarten Caille-Potonié, Knorr-Nielebock, Teudloff-Dittrich-Budapest, mit der Kondensationspumpe „Dabeg", ferner mit Abdampfinjektoren Bauart Friedmann-Metcalf.

Auf Grund mehrjähriger Betriebserfahrungen haben sich die Staatsbahnen zur Einführung des Abdampfinjektors als Regelbauart entschlossen. Die im Betriebe mit den verschiedenen Bauarten erzielten Kohlenersparnisse waren wenig verschieden und schwankten zwischen 6 bis 8%, die Kosten der Anschaffung und Instandhaltung weichen dagegen voneinander sehr ab.

Die Anschaffungskosten der oben angeführten Vorwärmer sind rund doppelt so hoch, wie jene des Abdampfinjektors, die Instandhaltungskosten der vielteiligen Vorwärmer sind ebenfalls bedeutend, wogegen diese Kosten beim Abdampfinjektor verschwindend gering sind. Derzeit sind bereits mehr als 600 Lokomotiven mit Speisewasservorwärmern, hiervon mehr als die Hälfte mit Abdampfinjektoren ausgerüstet, in den folgenden Jahren sollen noch weitere 500 Lokomotiven mit Abdampfinjektoren ausgerüstet werden.

Hinsichtlich der Vervollkommnung der Kesselkonstruktion sei angeführt, daß die ungarischen Staatsbahnen als eine der ersten umfangreiche Versuche mit Wasserrohrfeuerbüchsen Bauart Brotan eingeleitet haben, welche Bauart sich in bezug auf Verdampfungsvermögen und Leistungsfähigkeit bewährt hat. Zu einer allgemeineren Einführung gelangte diese Kesselbauart jedoch erst im Laufe des Krieges. In den Kriegsjahren mußte nämlich der Lokomotivpark durch Neuanschaffungen sehr beträchtlich verstärkt werden, wobei die Verwaltung infolge des großen Kupfermangels in eine schwierige Lage kam. Nachdem die früheren Versuche mit eisernen Feuerbüchsen normaler Bauart keineswegs zufriedenstellende Ergebnisse zeitigten, führte auch die Zwangslage dazu, daß alle während des Krieges entstandenen Lokomotivreihen mit Brotan-Kesseln gebaut wurden. In dem jetzigen Bestand beträgt die Zahl der mit solchen Kesseln ausgerüsteten Lokomotiven 520 Stück.

Nach der allgemeineren Einführung dieser Kesselbauart haben sich die oben erwähnten Vorteile zwar auch weiterhin behauptet, aber es sind auch Nachteile betrieblicher Art zutage getreten, namentlich die am Kesselvorkopf regelmäßig erscheinenden Risse, die sich rasch erweiterten und die Außerdienststellung der Lokomotive zur Ausbesserung zur Folge hatten. Diese betrieblichen Schwierigkeiten haben sich seit Einführung des Samesreutherschen Kupferschweiß-

verfahrens insofern gemildert, daß der rissige Kesselteil zur Ausbesserung nicht mehr ausgebaut werden muß, wodurch die Zeitdauer der Außerdienststellung stark verringert wird. Weitere betriebliche Schwierigkeiten werden bei dieser Bauart auch dadurch verursacht, daß an der äußeren Chamotteverkleidung der Wasserrohre oft Risse entstehen, welche den Zutritt von Sekundärluft in die Feuerbüchse zur Folge haben.

Sämtliche neuere Lokomotiven werden nun wieder mit kupfernen Feuerbüchsen der Regelbauart beschafft.

Bei letzteren sind in den letzten Jahren Schwierigkeiten anderer Art wahrnehmbar geworden. Infolge des Friedensdiktats sind uns die wertvollen Kohlenreviere des Zsilbeckens verloren gegangen, so daß die Staatsbahnen nunmehr auf die in Rumpf-Ungarn zur Verfügung stehenden Braunkohlen und Lignite angewiesen sind. Unter diesen gibt es auch solche mit hohem Schwefelgehalt, der auf die kupfernen Platten, Stehbolzen- und Rohrstutzen zerstörend wirkt. Es zeigen sich bei Verfeuerung dieser Braunkohlen vorzeitige Abzehrungen und die betreffenden Bestandteile der Feuerbüchsen müssen nach verhältnismäßig kurzer Betriebsdauer erneuert werden. Diesen Schwierigkeiten wurde teils schon vorgebeugt, teils sind noch Versuche im Gange, so z. B. mit Feuerbüchsen aus Sonderbaustoffen (Pirex-Metall u. a.) mit Stehbolzen aus Nickelkupferlegierung (3% Ni-Gehalt).

Bedeutende Betriebsschwierigkeiten verursachte die vorzeitige Abzehrung bzw. der Abbrand der kupfernen Rohrstutzen. Die vor einigen Jahren mit Rohrstutzen aus Weicheisen durchgeführten Versuche haben so befriedigende Ergebnisse gezeitigt, daß an Stelle der kupfernen allgemein diese Rohrstutzen eingeführt werden. Die Werkstätten sind mit den hierzu nötigen Werkzeugmaschinen und Schweißöfen bereits ausgerüstet.

Es mag hierbei noch erwähnt werden, daß eine Anzahl kleinerer Lokomotiven Feuerbüchsdecken der Bauart Polonceau haben, welche sich bei kleinen Abmessungen gut bewährt haben.

Die ungarischen Staatsbahnen verfolgen seit Jahren mit regem Interesse auch die Entwicklung der Kohlenstaubfeuerung. Vor einigen Jahren ist eine Lokomotive Reihe 324 mit der Staubkohlenfeuerung schwedischer Bauart ausgerüstet worden, die jedoch nicht genügend betriebssicher war. Vor kurzer Zeit sind weitere zwei Lokomotiven derselben Reihe mit der Bauart der A.E.G. ausgerüstet worden. An den Einzelheiten dieser Einrichtung haben die ungarischen Staatsbahnen im Einvernehmen mit der antragstellenden Firma einige Abänderungen vorgenommen, manche Teile sind auch auf Anregung der ungarischen Staatsbahnen vereinfacht worden. Die Art der Einblasung des Kohlenstaubes mußte entsprechend dem hohen Schlackengehalt des ungarischen Braunkohlenstaubes ebenfalls abgeändert werden. Endgültige wirtschaftliche Ergebnisse liegen noch nicht vor, die gute Dampferzeugung konnte jedoch bereits festgestellt werden.

Auch die Rauchverzehreinrichtungen verschiedener Bauart sind von jeher aufmerksam verfolgt worden. Zur Zeit sind einige Lokomotiven versuchsweise mit den Einrichtungen von Langer und Huwyler ausgerüstet. Wenn auch bisher eine nennenswerte Kohlenersparnis nicht festgestellt werden konnte, ist doch wenigstens die Rauchplage bei diesen Lokomotiven gemildert.

Von sonstigen Kesselausrüstungsteilen mag die allgemeine Verwendung von Speisewasser-Schlammabscheidern erwähnt werden. Als Regelbauart galt bis vor kurzem die aus der Literatur wohlbekannte Einrichtung von Pecz-Rejtö. Neuerdings wurde eine Anzahl von Lokomotiven mit anderen Schlammabscheidern (Bauart R.Z.A., Bauart der ungarischen Staatsbahnen mit berieselten wagrechten Tellern usw.) ausgerüstet, welch letztere sich gut bewährt haben.

Zur Verhütung des Funkenfluges und der hieraus folgenden Schäden ist ein Teil des Lokomotivparkes an Stelle des früheren Funkensiebes mit dem ungarischen Funkenfänger Bauart Neugebauer ausgerüstet worden.

Weiter ist eine bedeutende Anzahl von Lokomotiven mit Kipprost Bauart Rezsny, Kesselabschlammschiebern Bauart Friedmann, Ventilreglern Bauart Schmidt-Wagner, Wasserstandsgläsern mit doppelten Kugelventilen und mit anderen neuzeitlichen Einrichtungen ausgerüstet worden, so z. B. mit Dampfüberströmeinrichtungen, welche ermöglichen, den Dampf der rückkehrenden Lokomotiven zum Vorwärmen des Speisewassers anderer Lokomotiven zu verwerten. (Die Konstruktion ist aus Textabb. 1 ersichtlich.)

Zur Schmierung werden in der Regel Schmierpressen der Firma Friedmann angewendet. Zwecks Sicherung des Ölzutritts zu den Schmierstellen, bzw. zur Verhinderung von Wasserrückströmung in die Ölleitungen werden in letztere die sog. „Olva“ Membranventile der genannten Firma eingebaut, die sich gut bewährt haben.

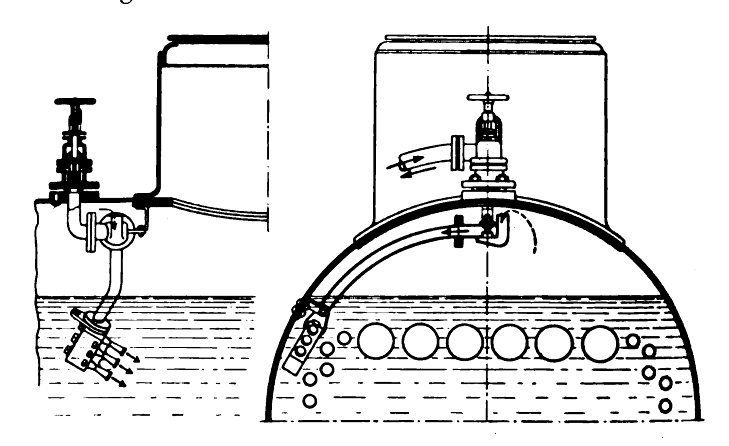


Abb. 1. Dampfüberströmeinrichtung zum Vorwärmen des Speisewassers.

Eine Anzahl von Lokomotiven besitzt auch zentrale Achslager-Schmierung; hierbei wurde eine Ölersparnis von rund 20% erzielt. Zur Schmierung der Luft- und Speisepumpen dienen Schmierpressen Bauart de Limon-Flume. Die in den Lagerschalen der Trieb- und Kuppelstangen eingesetzten Schmierfilze haben sich gut bewährt.

Hier sei erwähnt, daß zur Schmierung der dampfberührten Triebwerksteile der Lokomotiven seit mehreren Jahren anstatt der früheren sog. Zylinderöle ausschließlich hochwertige Pennsylvaniaöle (Valvolinöl und verwandte Öle) angeschafft werden. Seit Einführung dieser Öle konnte bei gleichzeitiger Verringerung der Instandhaltungskosten der spezifische Ölverbrauch von früher 22 bis 24 g/km auf 4 g/km und darunter ermäßigt werden, so daß trotz des hohen Preises letztgenannter Öle eine bedeutende Ersparnis erzielt werden konnte.

Sämtliche Heißdampflokomotiven haben Kolbenschieber mit schmalen Ringen. Als Stopfbüchsenpackungen wurden früher die Metalldichtungen der Bauart Schmidt verwendet: an Stelle dieser sind seit einigen Jahren die gußeisernen Dichtungen Bauart Hauber eingeführt worden, welch letztere sich viel besser bewährt haben. Eine Anzahl von Lokomotiven ist neuerdings versuchsweise auch mit Huhnschen Packungen ausgerüstet worden.

Zur Beleuchtung dienen im allgemeinen Azetyleneinrichtungen mit zentraler Gasentwicklung. Versuchsweise wurden Lokomotiven mit elektrischer Turbodynamo-Beleuchtung Bauart „Sunbeam“ und A.E.G. ausgerüstet. Auf Grund der günstigen Erfahrungen ist für eine größere Anzahl von

A.E.G.-Einrichtungen der Lizenz-Firma in Budapest der Auftrag erteilt worden.

Es sei noch bemerkt, daß an Tendern Parallelversuche mit der Achsbuchsbauart „Isothermos“ und der ungarischen Bauart Kertész im Gange sind.

Kurze Schilderung einiger Lokomotivreihen.

Die Zahlentafel (S. 322/323) enthält die Hauptabmessungen neuerer Lokomotivbauarten.

Infolge des beschränkten Raumes muß auf eine eingehende Beschreibung dieser Lokomotivbauarten verzichtet werden und es sollen nur die betrieblichen Erfahrungen kurz geschildert werden.*)

2 C 1 Vierlings-Heißdampf-Schnellzuglokomotive Reihe 301.
(Siehe Zahlentafel, Nr. 2, Textabb. 2 und Abb. 1, Taf. 20.)

Diese Lokomotive, kurz vor dem Kriege zur Beförderung schwerer Schnellzüge auf Flachlandstrecken mit schwerem Oberbau (16 t Achsdruck) eingeführt, diente in erster Reihe zur Beförderung der Schnellzüge bis zu 48 Achsen und mit 100 km/Std. Grundgeschwindigkeit auf der ehemaligen ungarischen Hauptstrecke Budapest—Pozsony (Preßburg)—Wien. Zur Zeit ihrer Entstehung war sie die leistungsfähigste Schnellzuglokomotive des Festlandes. Im Laufe der im Jahre 1913 durchgeführten Versuchsfahrten beförderten Lokomotiven dieser Gattung wiederholt Schnellzüge bis zu 706 t Wagengewicht, wobei auf der Flachlandstrecke 100 km/Std. Geschwindigkeit eingehalten werden konnte. Anläßlich der Abnahmeprobefahrten sind wiederholt Höchstgeschwindigkeiten bis zu 140 km/Std., entsprechend 406 Umdrehungen/Min., erreicht worden. Der Lauf dieser Lokomotiven ist auch bei sehr hohen Fahrgeschwindigkeiten durchaus ruhig.

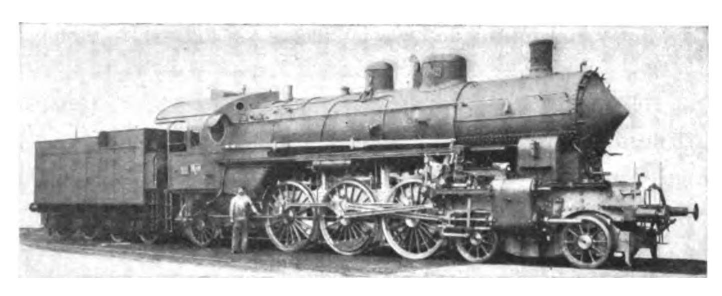


Abb. 2. 2 C 1 Vierlings-Heißdampf-Schnellzuglokomotive Reihe 301.

Nach Abzug der rumänischen Truppen aus dem jetzigen Ungarn, verblieben im Fahrpark nur mehr 7 Lokomotiven dieser Reihe; sie dienen zur Beförderung der Schnellzüge auf der Hauptstrecke Budapest—Györ (Raab)—Hegyeshalom.

2 C Zwillings-Heißdampf-Schnellzuglokomotive Reihe 327.
(Siehe Zahlentafel, Nr. 4, Textabb. 3.)

Diese Lokomotive wurde mit der vorerwähnten Type gleichzeitig beschafft und diente zur Beförderung der Personen- und Schnellzüge auf Hauptstrecken mit leichtem Oberbau (14 t Achsdruck). Sie wurde als Ersatz für die früher verwendeten Lokomotiven mit zwei gekuppelten Achsen beschafft, die zur Beförderung der schweren Schnellzüge nicht mehr ausreichten.

2 C Zwillings-Heißdampf-Schnell- und Personenzuglokomotive Reihe 328.
(Siehe Zahlentafel, Nr. 5, Texabb. 4 und Abb. 2, Taf. 20.)

Im Laufe des Krieges mußten Lokomotiven der 2 C-Achsanordnung fortlaufend in großer Anzahl beschafft werden. Infolge des bereits erwähnten Kupfermangels konnten die Lokomotiven der vorher erwähnten Reihe 327 in ihrer ursprünglichen Bauart, d. h. mit schmaler kupferner Feuerbüchse nicht weiter beschafft werden und es mußten unter Zugrundelegung des Brotankessels, neue Entwürfe mit höherer Kessellage ausgearbeitet werden.

Da bei der Reihe 327 infolge des Antriebs der ersten Kuppelachse ungünstige Kräftewirkungen entstanden, wurde bei der neuen Type (Reihe 328) die zweite Kuppelachse als Triebachse gewählt. Ein Teil dieser Lokomotiven wurde seiner Zeit mit Rücksicht auf die Dringlichkeit im Ausland — bei Henschel u. Sohn in Kassel — beschafft.

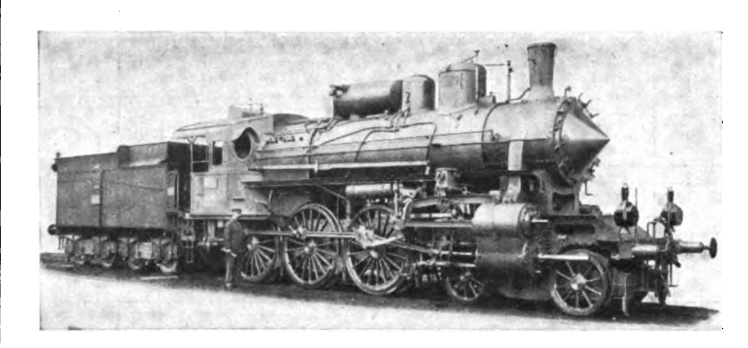


Abb. 3. 2 C Zwillings-Heißdampf-Schnellzuglokomotive Reihe 327.

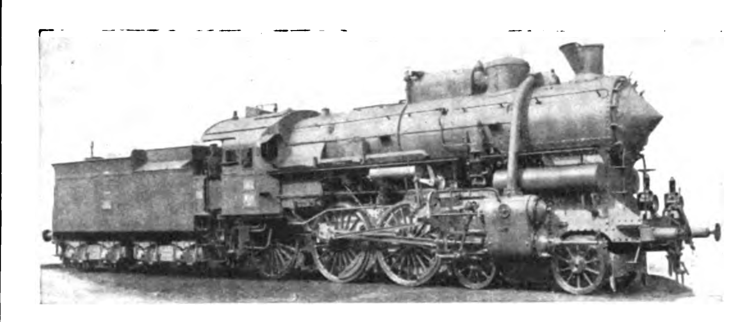


Abb. 4. 2 C Zwillings-Heißdampf-Schnellzuglokomotive Reihe 328.

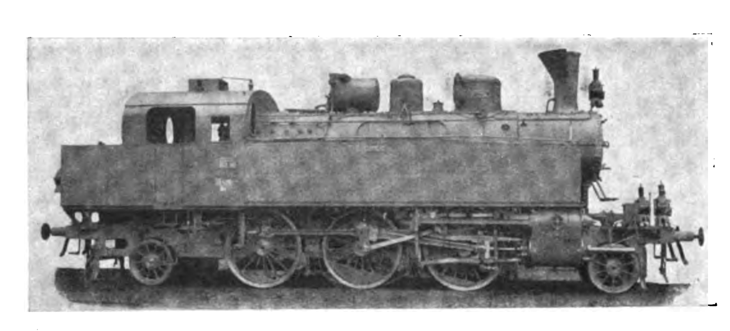


Abb. 5. 1 C 1 Zwillings-Heißdampf-Tenderlokomotive Reihe 342.

Diese Bauart hat sich sehr gut bewährt; zur Beförderung von Schnell- und Personenzügen auf Flachlandstrecken mit 14 t höchster Achsbelastung werden nun größtenteils diese Lokomotiven benützt.

1 C 1 Zwillings-Heißdampf-Tenderlokomotive Reihe 342.
(Siehe Zahlentafel, Nr. 6, Textabb. 5 und Abb. 3, Taf. 20.)

Diese Bauart entstand ebenfalls in den Kriegsjahren, als sich das Bedürfnis nach einer sowohl zur Beförderung der Vorortpersonenzüge, wie auch zur Beförderung von Eilgüterzügen geeigneten leistungsfähigen Tenderlokomotive zeigte. Dem Entwurf der neuen Lokomotivbauart wurde die 1 C 1-Achsanordnung mit Brotan-Kessel zugrunde gelegt; die Achslast wurde im Interesse der Freizügigkeit mit 14 t begrenzt.

*) Eine ausführliche Schilderung der baulichen Eigentümlichkeiten der ung. Lokomotiven ist für ein späteres Heft in Aussicht gestellt.

Zahlen-
Hauptabmessungen neuerer Lokomotiv-

Laufende Nr.	Reihe	Bauart	Kessel-druck at	Zylinder-durchmesser mm	Kolben-hub mm	Kesselmitte über Schienen-oberkante mm	Heizfläche in m² der Feuer-büchse (Wasserberührt)	der Rohre (Wasserberührt)	des Überhitz. Dampfb.	im ganzen	Rost-fläche m²	Durch-messer des Triebrades mm
1	22	1 B 1 T	13	2×355	460	2400	5,50	43,7	16,7	65,9	1,25	1220
2	301	2 C 1	12 / 16	4×430 / 2×410/650	660	3020	16,80	245,1	53,6	315,5	4,84	1826
3	324	1 C 1	12	2×510	650	2850	11,—	164,1	37,9	213,—	3,10	1440
4	327	2 C	12 / 15	2×550 / 525/780	650	2885	13,4	139,4	34,—	186,8	3,09	1826
5	328	2 C	12	2×570	650	3150	16,20	151,4	45,2	212,8	3,25	1826
6	342	1 C 1 T	13	2×500	650	2950	11,80 / 11,80	89,2 / 110,0	29,8 / 51,2	130,8 / 173,0	2,34	1606
7	375	1 C 1 T	12	2×410	600	2500	9,19	77,21	22,6	109,—	1,80	1180
8	376	1 C 1 T	12	2×370	540	2570	7,25	59,25	16,9	83,4	1,55	1040
9	402	1 D	13	2×600	660	3150	17,65	196,9	58,—	272,55	4,45	1350
10	424	2 D	13	2×600	660	3300	17,30	203,2	55,7	276,2	4,45	1606
11	442	1 D 1 T	12	2×570	650	2900	16,2 / 16,3	124,9 / 132,1	36,3 / 63,7	177,5 / 212,1	2,77	1606
12	601	1 C+C	15	2×520/800	660	3120	23,—	252	66	341	5,09	1440

*) Anmerkung: T = Tenderlokomotive.

Der weiteren Anforderung, daß der Fassungsraum der Kohlen- und Wasserbehälter reichlich bemessen sein möge, konnte nur auf Kosten der Kesselabmessungen Genüge geleistet werden. Gelegentlich der späteren Nachbestellungen wurden zwecks Erhöhung der Kesselleistung verschiedene Änderungen vorgenommen, so wurde anstatt dem Schmidt-Überhitzer normaler Bauart der Kleinrohrüberhitzer eingebaut, wodurch die Gesamtheizfläche eine nennenswerte Erhöhung erfuhr.

Auch diese Lokomotiven sind zum Teil bei Henschel u. Sohn beschafft worden.

Letzthin wurde bei einer Anzahl dieser Lokomotiven zwecks Verfeuerung minderwertiger Kohle der Fassungsraum der Kohlenbehälter vergrößert und auch der Wasservorrat erhöht, wodurch der Achsdruck auf 15,25 t stieg.

1 D 1 Zwillings-Heißdampf-Tenderlokomotive Reihe 442.

(Siehe Zahlentafel, Nr. 11, Textabb. 6 und Abb. 4, Taf. 20.)

Die Entwürfe dieser Bauart wurden fast gleichzeitig mit jenen der oben erwähnten Tenderlokomotive Reihe 342 ausgearbeitet.

Diese kräftigen viergekuppelten Lokomotiven dienen zur Beförderung der Vorortzüge auf Hügellandstrecken und sind teils mit Großrohrüberhitzer, teils mit Kleinrohrüberhitzer ausgerüstet. Bei beiden Abarten konnte der Kessel reichlicher bemessen werden als bei der Reihe 342. Bei den Erstanschaffungen wurden einige Lokomotiven mit vorderem und hinterem Krauß-Helmholtz-Drehgestell, andere wieder mit Adams-Webb-Achsen ausgeführt. Es konnten jedoch keine besonderen Vorteile zugunsten der erwähnten Drehgestelle festgestellt werden; die weiteren Lokomotiven wurden daher mit den einfacheren Adams-Webb-Achsen beschafft.

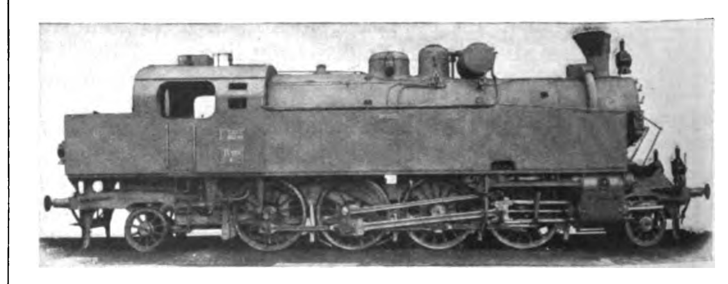


Abb. 6. 1 D 1 Zwillings-Heißdampf-Tenderlokomotive Reihe 442.

2 D Zwillings-Heißdampflokomotive Reihe 424.

(Siehe Zahlentafel, Nr. 10, Textabb. 7 und Taf. 21.)

Schon im Kriege erwies sich die Notwendigkeit einer leistungsfähigeren Lokomotivbauart zur Beförderung der schweren Schnell- und Personenzüge auf steigungsreichen Strecken.

Auf diesen Strecken entsprach selbst die Lokomotive Reihe 301 den Anforderungen nicht mehr. Die zu beschaffende neue Lokomotive sollte auch zur Beförderung von Eilgüterzügen geeignet sein.

tafel.

bauarten der k. ung. Staatsbahnen.

Fester Achsstand mm	Ganzer Achsstand mm	Größter Achsdruck t	Zulässige Geschwindigkeit km/Std.	Tender: Anzahl der Achsen	Tender Inhalt: Wasser m³	Tender Inhalt: Brennstoff t	Gewicht der Lokomotive: leer t	Gewicht der Lokomotive: im Dienste t	Gewicht der Lokomotive: Reibung t	Gewicht des Tenders: leer t	Gewicht des Tenders: im Dienste t	Zusammen im Dienste t	Bemerkungen
2000	6000	10 oder 9	65	—	4	1,66	28,4	34,36	20	—	—	34,36	Kleinrohrüberhitzer
3880	11340	15,72 / 16,32	100	4	26	8	75,91	84,66	47,16	22,7	56,7	141,36	Vierling / Vierzylinder Verbund
3500	8310	1409	75	3	14,5	7,3	53,9	60,11	42,27	15,—	36,8	96,91	
3920	8280 / 8460	14,14 / 14,36	100	4	20	9	56,86	62,88	42,41	23,8	52,8	115,68	Zwilling / Zweizylinder Verbund
4140	7940	14,24	100	4	20	9	62,5	69,4	42,72	23,8	52,8	122,2	
4000	9640	14,29	85	—	8	4,4	55,04	72,03	43,26	—	—	—	Normaler Überhitzer / Kleinrohrüberhitzer
2825	7650	10,50	60	—	5,6	3,2	38,51	52,03	31,34	—	—	—	
2580	6530	9,27	45	—	5	1,7	35,82	45,93	27,77	—	—	—	
3600	7960	16,13	65	4	24	9	68,96	77,94	64,18	25,2	58,2	136,14	
3600	9500	14,20	85	4	24	9	74,22	83,20	57,20	25,2	58,2	141,40	
1800	10700	14,42	85	—	8	5	67,3	86,—	57,44	—	—	—	Normaler Überhitzer / Kleinrohrüberhitzer
3400	11900	16,015	60	4	26	8	96,69	106,54	94,68	22,7	56,7	163,24	Mallet Bauart.

Im Interesse der Freizügigkeit der Lokomotive wurde die höchste Achslast mit 14,4 t begrenzt.

Behufs Erzielung größtmöglicher Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit ist der Bemessung des Kessels und der Wahl seiner Maßverhältnisse ein besonderes Augenmerk gewidmet

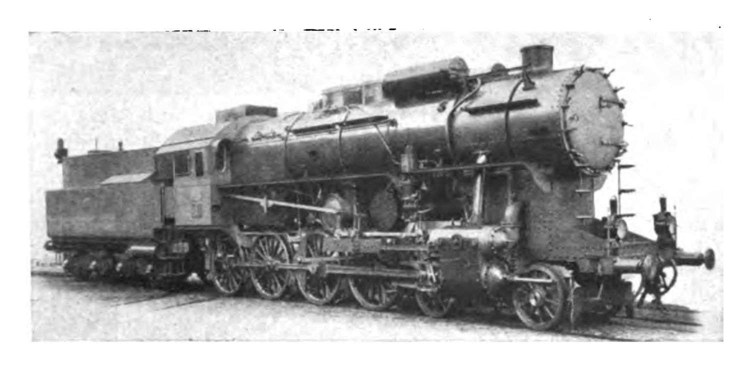


Abb. 7. 2 D Zwillings-Heißdampf-Schnellzuglokomotive Reihe 424.

worden, wobei auch die neuesten ausländischen Lokomotiven ähnlicher Bauart berücksichtigt wurden.

Mit diesen in den Jahren 1924 bis 1926 erbauten Lokomotiven gelang es, eine Type zu schaffen, deren Wirtschaftlichkeit jene aller modernen ungarischen Lokomotiven weit übertraf. Es sei hier bemerkt, daß im Betriebsjahr 1927/28 der durchschnittliche Kohlenverbrauch dieser Lokomotiven 6,14 kg Normalkohle für 100 tkm betrug, gegenüber dem Verbrauch anderer moderner Typen von 7,8 bis 9 kg/100 tkm. Diese Ziffer ist um so mehr beachtenswert, als sie den Durchschnittsverbrauch der für verschiedene Zuggattungen (Schnell-, Personen- und Güterzüge) verwendeten Lokomotiven dieser Reihe darstellt.

Nachdem die Lokomotive außer Schnell- und Personenzügen auch Eilgüterzüge zu befördern hat, ist als Triebraddurchmesser das auch bei anderen ungarischen Bauarten angewendete Maß von 1606 mm gewählt worden, das infolge der kräftigen Anfahrbeschleunigung der Lokomotive und der auf Steigungen erzielbaren höheren Geschwindigkeiten auch im Schnellzugdienst entspricht.

Im normalen Dienst befördern diese Lokomotiven auf langen Steigungen von 6,7 $^0/_{00}$ mit Krümmungen von 400 m Halbmesser Schnellzüge von 52 bis 55 Achsen mit 60 km/Std. Geschwindigkeit. Auf denselben Strecken befördern sie auch Güterzüge von 900 t Wagengewicht.

1 C 1 Zwillings-Heißdampf-Güterzuglokomotive Reihe 324.
(Siehe Zahlentafel, Nr. 3, Textabb. 8 und Abb. 5, Taf. 20.)

Diese Bauart hat sich vorzüglich bewährt und bildet die Regelbauart für Flachlandgüterzüge. Die Lokomotive ist zuerst im Jahre 1909 als Sattdampf-Zweizylinder-Verbundlokomotive, später als Heißdampf-Zwillingslokomotive und mit Brotan-Kessel gebaut worden; die nach dem Kriege beschafften Lokomotiven haben wieder kupferne Feuerbüchsen normaler

Bauart erhalten. Diese Bauart wird auch zur Beförderung von Personenzügen verwendet.

1 D Zwillings-Heißdampf-Güterzuglokomotive Reihe 402.

(Siehe Zahlentafel, Nr. 9, Textabb. 9 und Abb. 6, Taf. 20.)

Da die Lokomotiven der Reihe 324 zur Beförderung schwerer Güterzüge auf langen Steigungen infolge ihrer begrenzten Zugkraft nicht geeignet sind und der weitaus größte Teil der Malletlokomotiven als Kriegsfolge aus dem Bestand der ungarischen Staatsbahnen ausschied, wurde vor einigen Jahren der Bau einer leistungsfähigen Güterzuglokomotive (Reihe 402) beschlossen und zwar für Strecken mit einem zulässigen Achsdruck von 16 t, so daß für die erwünschte Leistung die 1 D-Bauart entsprach.

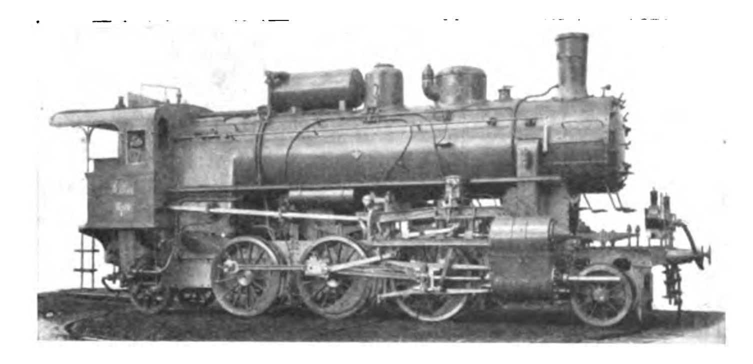


Abb. 8. 1 C 1 Zwillings-Heißdampf-Güterzuglokomotive Reihe 324.

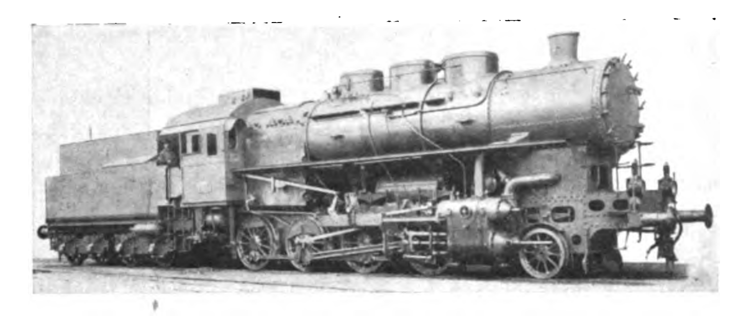


Abb. 9. 1 D Zwillings-Heißdampf-Güterzuglokomotive Reihe 402.

Bei dieser neuen Type sind Konstruktionsteile der bewährten Lokomotivreihe 424 verwendet worden. So sind unter anderem der Kessel, die Dampfzylinder, der Tender, austauschbar. Der spezifische Kohlenverbrauch der bisher vorhandenen, nur für Güterzugdienst verwendeten zwei Probelokomotiven bezifferte sich im Betriebsjahre 1927/28 auf 5,50 kg Normalkohle auf 100 tkm. Die Lokomotiven befördern auf langen Steigungen bis 6,7 $^0/_{00}$ Güterzüge von 1000 t Gewicht und darüber.

1 C + C Mallet-Heißdampflokomotive Reihe 601.

(Siehe Zahlentafel, Nr. 12, Textabb. 10 und Abb. 7, Taf. 20.)

Diese Lokomotiven wurden in den Jahren 1914 bis 1918 für die Strecke Cameral—Moravice—Fiume mit langen Steigungen bis 25$^0/_{00}$, ferner für die Linie Salgótarján—Ruttka mit Steigungen bis 16$^0/_{00}$ gebaut.

Sie waren z. Z. ihrer Entstehung die stärksten Güterzuglokomotiven des Festlandes und ihre Abmessungen sowie ihre Leistungsfähigkeit sind auch heute noch bemerkenswert. Die aus der Maschine errechnete größte Zugkraft beziffert sich auf mehr als 22 t, die Reibungszugkraft auf 16 t (bei $^1/_6$ Adhäsionsziffer).

1 C 1 Zwillings-Heißdampf-Nebenbahn-Tenderlokomotiven Reihe 375 und 376.

(Siehe Zahlentafel, Nr. 7 und 8 Textabb. 11 und 12 und Abb. 8, Taf. 20.)

Bei der Neubeschaffung von Lokomotiven für Lokalbahnen mußte berücksichtigt werden, daß der Oberbau dieser Bahnen teilweise eine Achslast von 10 t und darüber, teilweise aber nur 9 t zuläßt.

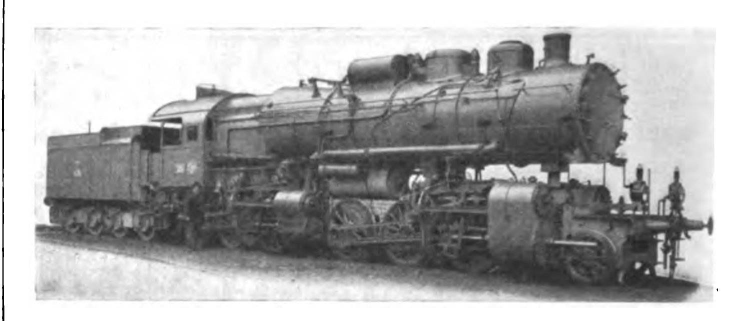


Abb. 10. 1 C + C Vierzylinder-Verbund-Heißdampf-Mallet-lokomotive Reihe 601.

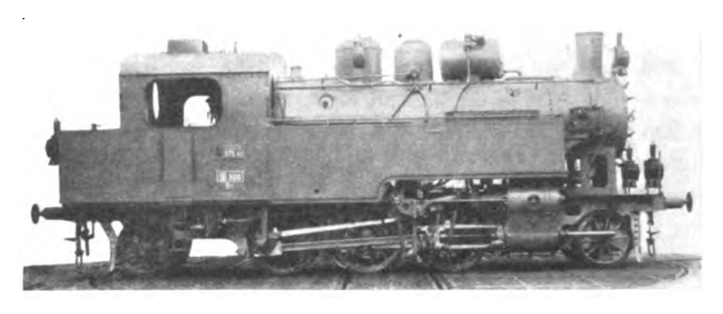


Abb. 11. 1 C 1 Zwillings-Heißdampf-Tenderlokomotive Reihe 375.

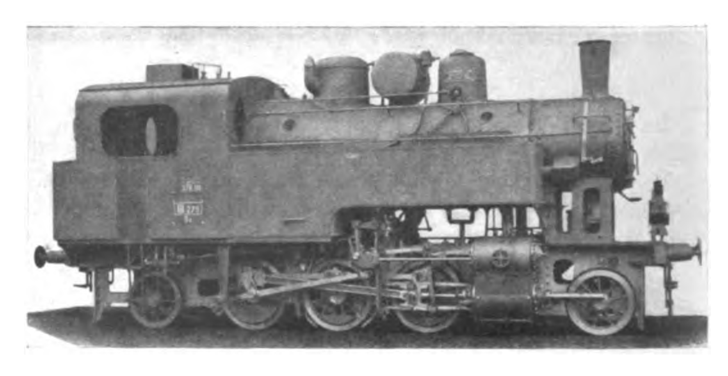


Abb. 12. 1 C 1 Zwillings-Heißdampf-Tenderlokomotive Reihe 376.

Diesem Umstande Rechnung tragend sind zwei Lokomotivbauarten — beide 1 C 1-Tenderlokomotiven — entworfen worden. Die stärkere erhielt die Serienbezeichnung 375, die leichte 376.

Beide Lokomotivbauarten wurden anfangs als Zweizylinderverbund-Sattdampflokomotiven mit Polonceau-Feuerbüchsen, später als Heißdampf-Zwillingslokomotiven und in der Kriegszeit mit Brotan-Kessel gebaut. Sie haben sich vollkommen bewährt.

1 B 1 Zwillings-Heißdampf-Tenderlokomotive Reihe 22.

(Siehe Zahlentafel, Nr. 1, Textabb. 13 und Abb. 9, Taf. 20.)

Wie schon erwähnt, hat der Aufschwung des Kraftwagenverkehrs den Personenverkehr der Eisenbahnen auch in Ungarn beeinflußt. Eine besondere Einbuße erlitt der Personenverkehr der Lokalbahnen, da auf diesen Strecken der Personenverkehr

z. T. mittels gemischter Züge abgewickelt wurde, deren Reisegeschwindigkeit sehr gering war.

Zur Bekämpfung des Autowettbewerbes mußten nun die gemischten Züge aufgelassen, der Personenzugdienst vom Güterzugdienst getrennt und zur Abwicklung des Personenverkehrs leichte Personenzüge mit erhöhter Reisegeschwindigkeit eingesetzt werden. Letzterem Zwecke dienen teils Triebwagen, teils Dampflokomotiven.

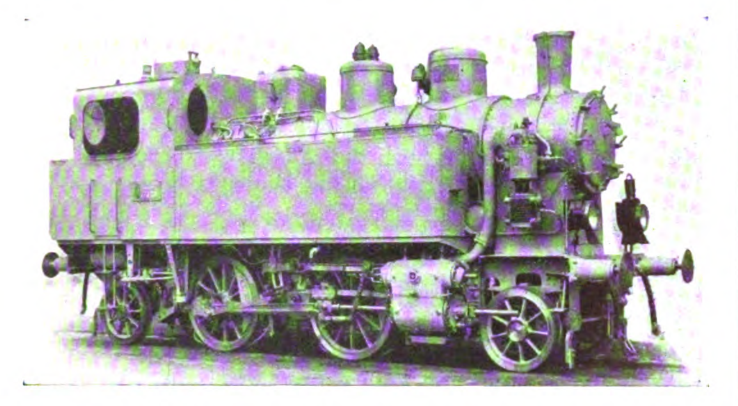


Abb. 13. 1 B 1 Zwillings-Heißdampf-Tenderlokomotive Reihe 22.

Es ergab sich nun die Notwendigkeit eine leichte raschlaufende und wirtschaftliche Lokomotive zu bauen.

Zur Erreichung des notwendigen Reibungsgewichts ist die neue Bauart mit zwei gekuppelten Achsen ausgeführt worden, sie erhielt an beiden Enden je eine Adams-Webb-Achse, wodurch einerseits der ruhige Lauf in beiden Fahrtrichtungen sichergestellt wurde, andererseits aber die Belastung der gekuppelten Achsen durch Mehrbelastung bzw. Entlastung der Endachsen, den jeweiligen Oberbauverhältnissen entsprechend verändert werden kann.

Die Lokomotive ist für 65 km/Std. zugelassen, fährt aber erfahrungsgemäß auch bei 80 km/Std. noch vollkommen ruhig.

In Anbetracht der begrenzten Leistungsfähigkeit der Triebwagen und auf Grund der im Parallelbetrieb mit solchen Lokomotiven und Triebwagen gewonnenen Erfahrungen ist zu erwarten, daß in der weiteren Neugestaltung des Personenverkehrs der Lokalbahnen diesen Kleinlokomotiven eine wachsende Bedeutung zufallen wird.

Was nun die künftige Entwicklung der Lokomotivbauarten anbelangt, sind hierfür, außer der jeweiligen finanziellen Lage, auch verschiedene andere Umstände ausschlaggebend. Es sind dies vor allem die Einführung der elektrischen Zugförderung, sowie die Verstärkung des Oberbaues.

Die elektrische Zugförderung ist auch bei den ungarischen Staatsbahnen in den Vordergrund getreten und die Elektrisierungsarbeiten der Hauptstrecke Budapest—Hegyeshalom sind bereits in Angriff genommen worden. Darüber wird in einem besonderen Aufsatz dieses Heftes eingehend berichtet.

In den nächsten Jahren wird auch die Erneuerung des Oberbaues erfolgen, wobei für die wichtigsten Hauptstrecken ein neues Schienenprofil von 48,3 kg/m Gewicht genehmigt wurde. Auf letzteren Strecken wird für die Lokomotiven eine ruhende Achslast von 20 t zugelassen werden.

Die Wahl künftiger Dampflokomotivtypen steht mit dem Fortschritt der genannten Arbeiten in engem Zusammenhange.

Neue Wagenbauarten der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Von Oberinspektor Ing. **Pfeiffer**, Direktion der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Hierzu Tafel 22.

Bei den zur Erneuerung des Wagenparkes notwendig gewordenen Neubeschaffungen, die der finanziellen Leistungsfähigkeit entsprechend nur geringen Umfang haben konnten, galt der traditionelle Grundsatz, die Fahrzeuge in der vollkommensten Bauart und aus den besten Materialien herzustellen, um den guten Ruf zu wahren, den die ung. Staatsb. durch zielbewußte Arbeit mehrerer Jahrzehnte errungen haben, und, um sich mit den großen Bahnen Westeuropas auf gleiche Stufe zu stellen.

Die Verwirklichung dieses Grundsatzes zeigt sich bei allen im letzten Jahrzehnt gebauten Personen- und Güterwagen, von welchen die bemerkenswertesten Bauarten nachfolgend beschrieben seien.

1. Vierachsige Personenwagen.

Die neuen vierachsigen Personenwagen der k. ung. Staatsbahnen für den internationalen durchgehenden Verkehr wurden ganz aus Eisen gebaut, einerseits, weil Ungarn seine bewaldeten Gebirgsgegenden verloren und deshalb nur eingeführtes Bauholz zur Verfügung hat, andererseits aber, weil bei der stets größer werdenden Länge nur durch reineiserne Konstruktion die erforderliche Festigkeit, Betriebssicherheit und ruhiger Lauf zu erzielen ist.

Die gepolsterten Wagen 1., 2. Klasse und die Wagen 3. Klasse besitzen gleiche Hauptabmessungen, Konstruktion und äußere Erscheinung. Grundriß beider Wagentypen mit den Hauptmaßen gibt Abb. 1 und 2, Taf. 22 wieder.

Die Wagen besitzen einen Kasten in schnittiger Form mit glatten Seitenwänden und Tonnendach, der mit dem Untergestell zu einer starren Einheit zusammengenietet ist. Der Oberlichtaufbau wird bei sämtlichen Wagenneubauten, ferner bei dem Wiederaufbau älterer Wagen, mit Rücksicht auf die hohen Instandhaltungskosten grundsätzlich vermieden.

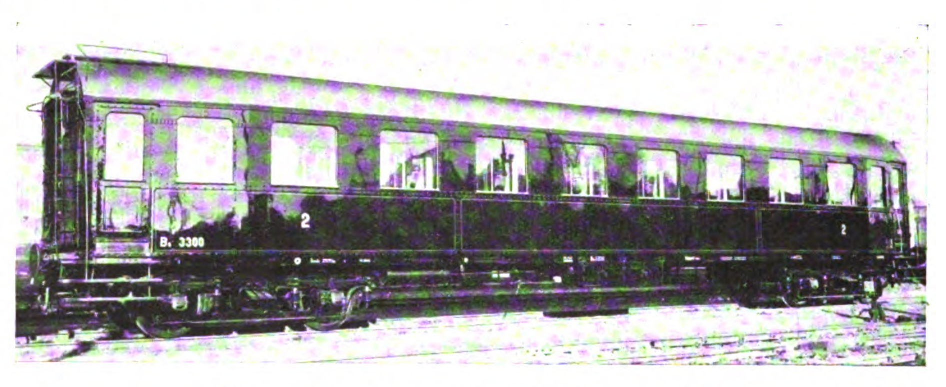


Abb. 1. Vierachsiger Personenwagen 2. Klasse.

Die Seitenwände des Kastens sind über den Langträgern derart aufgebaut, daß sie je einen Fachwerkträger bilden. Sie sind oben durch eine Dachkonstruktion verbunden, die ebenfalls als Träger dient und zur Aufnahme von Biegungsmomenten geeignet ist. Zu diesem Zwecke sind die Kastensäulen und Dachbogen miteinander vereinigt und als durchlaufende Kastenrippen aus gewalzten Z-Eisen ausgeführt. Die Rippenenden sind auf den Steg der Langträger unmittelbar

aufgenietet, weshalb letztere mit den Flanschen nach innen gekehrt sind (s. Textabb. 2).

In der Längsrichtung des Wagens sind zwischen den nebeneinander stehenden Kastenrippen an Stelle eines Dachrahmens aus Flußeisenblechen ∏-förmig gepreßte, an fünf Seiten geschlossene Tröge in der Stärke der Kastenrippen eingesetzt, die sich von Rippe zu Rippe erstrecken und mit letzteren durch Nieten verbunden sind. Längs dieser Tröge laufen in der ganzen Kastenlänge, innen und außen, Flacheisenbänder, die mit den Kastenrippen und den Trögen fest vernietet, einen einheitlich zusammengebauten Träger bilden und zugleich als versteifende Knotenbleche zwischen Dachrahmen und Kastenrippen dienen. Durch diese Ausbildung des Obergurtes und der Kastenrippen ist, statt der üblichen gelenkartigen Verbindung der Kastenwände mit dem Dache, das Kastengerippe mit dem Dachgerippe konstruktiv ebenso vereinigt, wie das Untergestell mit dem Kastengerippe.

Die Kastenwände und das Tonnendach sind außen mit 3 mm starkem Eisenblech überlappt verschalt und mit Festigkeitsnieten vernietet. Diese über die Kastenwände und das Dach gespannte Blechverschalung wirkt wie Knotenbleche

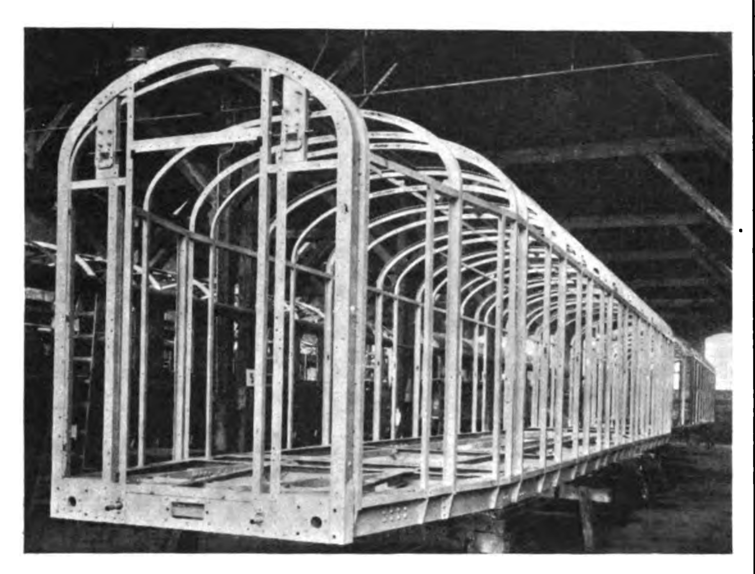


Abb. 2. Kastenrippen der eisernen Personenwagen.

und Diagonalstäbe und verleiht dem ganzen Kastenkörper eine Steifheit und Widerstandsfähigkeit, wie sie die Schiffskörper besitzen. Der Wagenkasten wird zu einem umgekehrten Schiffskörper (Textabb. 2). Mit Rücksicht auf die wichtige Rolle der äußeren Blechverkleidung ist das Durchbrechen des Dachbleches für Lampen, Ventilatoren usw. vermieden; eine Ausnahme mußte nur bei den Fülltrichtern der Abortwasserbehälter gemacht werden, weil durch die untere Fülleinrichtung allein die Wasserbehälter zur Zeit noch nicht überall gefüllt werden können.

Die oben geschilderte Wagenbauart ermöglichte das Ersparen der Langträgersprengwerke, der Kastenträger, der Knotenbleche usw., wodurch sich das Eigengewicht dieser neuen Eisenwagen um 600 bis 1000 kg niedriger stellte als bei den Holzkastenwagen gleicher Länge und gleichen Fassungsraumes.

Der Wagen ruht auf zwei zweiachsigen Drehgestellen mit Trägern aus gepreßten Flußeisenblechen, die mittels Blatt- und Spiraltragfedern aufgehängt sind. Die Drehgestelle haben Doppelwiegenbalken, Schwingenpendelaufhängung und sechs Paar Wiegenzwillingsfedern. Ausgedehnte Versuche, durchgeführt mit neuen Drehgestellkonstruktionen, bei welchen ein einfacher Wiegenbalken an beiden Enden außerhalb der Drehgestell-Langträger, also in größtmöglichster Entfernung, von je einer Blattfeder unterstützt war, haben nicht ganz befriedigende Ergebnisse hinsichtlich des ruhigen Ganges geliefert; deshalb haben die ungarischen Staatsbahnen die bisher gebrauchten gut bewährten, wenn auch vielteiligen und teueren Drehgestelle auch bei den neuen eisernen Personenwagen beibehalten.

Eines der Drehgestelle trägt eine Zugbeleuchtungsdynamo, von 1500 Watt Leistung, mit offenem Gummiriemenantrieb; um zuverlässigen Betrieb der Achsdynamo-Zugbeleuchtung zu erreichen ist eine selbstwirkende Riemenspannvorrichtung angewendet, bestehend aus Doppelhebel und Spiralfeder, welche sich auf die Pendelwelle der Dynamo stützt und mittels Kurbel durch die Hand leicht nachgestellt werden kann.

Die Stoßvorrichtung des Wagens ist eine Ausgleichvorrichtung mit Winkelhebeln und normalen Pufferschraubenfedern, die eine bedeutende Ersparnis bietet gegenüber den Ausgleichvorrichtungen, die große, schwere und nur schwierig einzubauende Blattstoßfedern anwenden.

Die Bremseinrichtung der Wagen besteht aus Handbremse, Westinghouse-Schnellbremse, automatischer Vakuumbremse und automatischem Bremsregler; ein Teil der Wagen ist für den Verkehr über die Schweiz auch noch mit der nicht automatischen Westinghousebremse ausgerüstet.

Das Untergestell trägt noch einen Batteriekasten für zwei Bleiakkumulatorenbatterien von je 90 Ampére-Stunden Kapazität und das Dampfhauptleitungsrohr, von 51 mm lichtem Durchmesser, mit Doppelabsperrschiebern und zweiteiligen Metallheizkupplungen. Ein Teil der Wagen ist auch mit einer Hauptleitung für elektrische Heizung ausgerüstet, bestehend aus einem Kabel von 185 mm² reinem Kupferquerschnitt in Gasrohr verlegt, mit Kupplungsdosen und Steckern, System BrownBoveri.

Die nach innen sich öffnenden Seiteneingangstüren und nach außen sich öffnenden Stirnwand-Übergangstüren sind unten mit Gummirollen und ringsum mit Lederstreifen gegen Luftzug abgedichtet. Übergangsbrücken und Faltenbälge sind die üblichen. Sämtliche Fensterrahmen sind aus gezogener Fassonbronze hergestellt; die herablaßbaren 1100 mm breiten Seitenfenster haben zur leichteren Bedienung gefederten Gewichtsausgleich.

An beiden Enden des Seitenganges sind je ein Abort und je ein Waschraum angeordnet, mit modernen Spül- und Wascheinrichtungen; die von unten und von oben auffüllbaren Wasserbehälter sind nicht unter der Decke, sondern an einer Seitenwand befestigt, um das Abnehmen zu erleichtern.

Bei der inneren Ausbildung des Wagenkastens wurde auf die Wärmeisolierung und auf die Dämpfung des Geräuschwiderhalls in erster Linie geachtet. Aus diesem Grunde sind die inneren Holzverschalungen der Kastenwände nicht direkt an dem eisernen Kastengerippe, sondern an Holzbeilagen befestigt; diese Verschalung besteht aus einzelnen Füllungstafeln mit Rahmen, mit Rücksicht auf spätere Ausbesserungsarbeiten. In den gepolsterten Wagen sind sämtliche Wände auf einer Flanellunterlage mit Wachsleinwandtapeten überzogen, wogegen die Wände der Wagen 3. Klasse mit lackierten Sperrholztafeln verkleidet sind. Der hölzerne Fußboden aller Wagengattungen besteht aus doppelten Bretterlagen, mit Kartonpapierzwischenlage und ist mit wasserdichten Korktafeln belegt und dann mit Linoleum überzogen; die Seitengänge sind ohne Korkunterlage. Die Decken sind mit Sperrholztafeln verkleidet und weiß emailliert, um die Lichtwirkung zu verstärken.

In allen gepolsterten Abteilen sind auf jeder Seite drei Sitzplätze ausgebildet mit Arm- und Kopflehnen; die Sitze sind gesondert und sind einzeln herausziehbar. Die Sitze

und Rücklehnen sind bequem und gefedert gepolstert, haben Moquette-Überzug und sind in der 1. Klasse mit weißen Spitzenauflagen auf Kopf- und Rückenlehnen versehen. In den

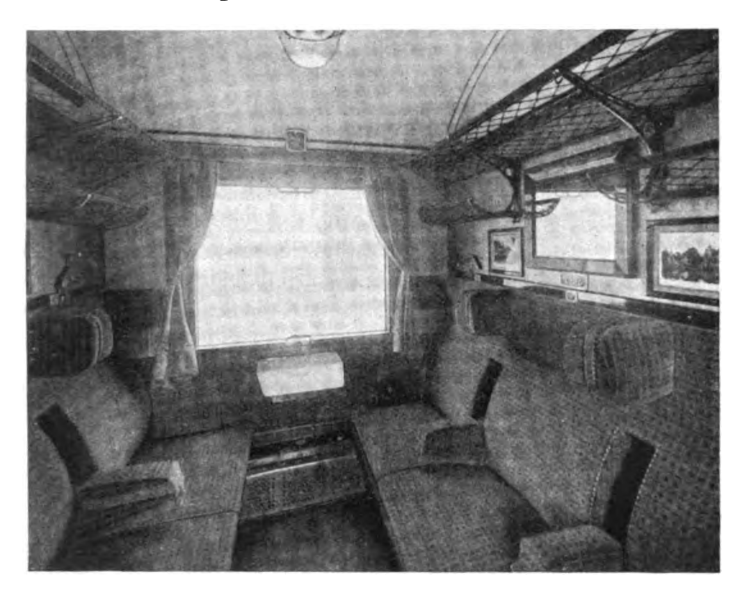


Abb. 3. Innenansicht eines Abteils 2. Klasse.

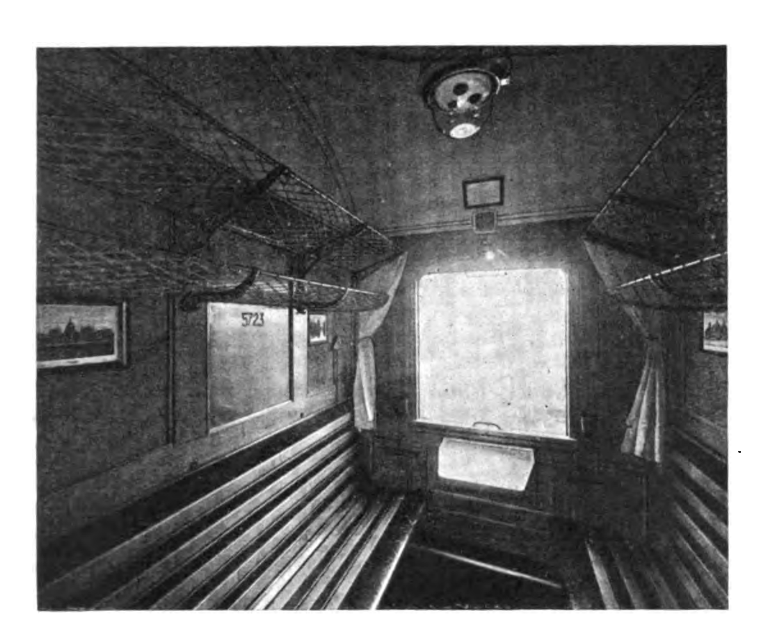


Abb. 4. Innenansicht eines Abteils 3. Klasse.

Abteilen 3. Klasse sind polierte Lattensitze angebracht, mit nicht sichtbarer Schraubenbefestigung und mit Armlehnen an beiden Enden jeder Sitzbank (Textabb. 3 und 4).

In allen Abteilen dienen geräumige Gepäckhalter mit Schnurnetzen, Klapptische, beiderseitige Schiebevorhänge, Aschenbecher und Kleiderhaken der Bequemlichkeit, die Wände sind mit Lichtbildern — darstellend die Sehenswürdigkeiten der Hauptstadt Budapest und andere Landschaften — in geschmackvollen Holzrahmen, geschmückt.

Die Abteile werden durch Beleuchtungskörper beleuchtet, die vollständigen Schutz gegen Beschädigungen während der Gepäckhandhabung gewähren; in jedem Beleuchtungskörper sind zwei Metallfadenglühlampen von je 25 W/HK und von zusammen 62 HK Lichtstärke untergebracht, nebst einer Nachtlampe. In den Nebenräumen sind Glühlampen gleicher Lichtstärke einzeln verwendet. Der ganze Stromverbrauch eines Wagens beträgt rund 700 Watt = 850 HK. Für eine Notbeleuchtung sind Träger zur Anbringung von Kerzenlampen vorgesehen.

Die Heizung der Wagen ist eine Niederdruck-Umlaufdampfheizung, welche in allen Abteilen mittels zwei Stellhebeln durch die Reisenden eingestellt werden kann; auch die Gangheizung ist regelbar.

Ein Teil der Wagen besitzt auch elektrische Heizung, welche sowohl für 1000 Volt Wechselstrom als auch für 1500 Volt Gleichstrom eingerichtet ist; die Verbundheizkörper, System Elekthermax-Budapest, haben eine Heizleistung von rund 200 Watt pro m^3 Rauminhalt und sind in jedem Abteil durch die Reisenden in drei Stufen regelbar. Sämtliche Armaturen für die elektrische Heizung sind nach Bauart Brown Boveri.

Die innere Ausstattung aller Wagen wird noch ergänzt durch eine Notbremseinrichtung, welche sowohl die Druckluft-, als auch die Saugluftbremse betätigt, ferner durch die Ausrüstungsbestandteile, welche im Übereinkommen für die Benutzung der Personenwagen im internationalen Verkehr (R. I. C.) vorgeschrieben sind.

2. Vierachsige Gepäckwagen.

Diese Wagen, Textabb. 5, stellen die neueste Bauform dieser Wagengattung dar und entsprechen den erhöhten Anforderungen der großen Reise- und Badezeit vollkommen.

Grundriß mit den Hauptmaßen und Angaben zeigt die Abb. 3, Taf. 22.

Untergestell, Kastengerippe, Drehgestelle, Stoßvorrichtung, Bremsen, Heiz- und Beleuchtungseinrichtungen dieser Gepäckwagen stimmen mit denen der vorher beschriebenen Personenwagen überein. Die Achsdynamo hat eine Leistung von 375 Watt.

In die Vorräume an beiden Wagenenden führen je zwei Seiteneingangstüren; durch die Stirnwandtüren, mit geschlossenen Faltenbälgen ist dem Zugpersonal der Übergang zu den Personenwagen ermöglicht. An einen Vorraum reiht sich das Schaffnerabteil; zwei gepolsterte mit Moquette überzogene bequeme Lehnsitze mit Arm- und Kopflehnen, zwei Schreibtische mit Klapptafeln, Regale, Decken- und Wandlampen, Gepäckträger, Heiz- und Bremsmanometer, Stellhebel für die Dampfheizung und Notbremsgriff bilden die Ausrüstung. Es sind ferner besondere Hundeabteile ausgebildet, mit Türen im Vorraum.

Im Gepäckraum ist ein Kleiderschrank und ein Abort mit Wasserspülung und üblicher Ausstattung der Personenwagen 3. Klasse untergebracht. Die eisernen Schiebetüren der 1500 mm breiten Türöffnungen werden zwischen Doppelwände hineingeschoben, um ihre Handhabung durch im Wege stehende Gepäckstücke nicht zu behindern. Ein Teil des Gepäckraumes ist als Zollabteil nach den Vorschriften der Zollbehörden absperrbar.

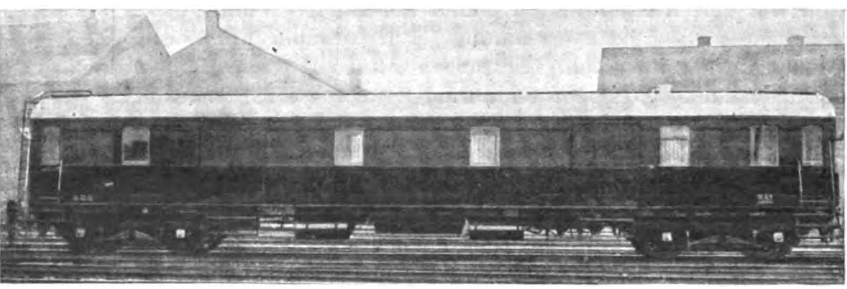


Abb. 5. Vierachsiger Gepäckwagen.

Alle diese neuen, eisernen Gepäckwagen sind mit den für den internationalen Verkehr vorgeschriebenen Ausrüstungen (R. I. C.) versehen.

3. Zweiachsige Triebwagen 2. und 3. Klasse mit Verbrennungsmotor.

Infolge des immer fühlbareren Wettbewerbes des Kraftwagenverkehrs zeigte es sich als notwendig, auf den Nebenlinien den Personenverkehr vom Güterverkehr zu trennen und den Personenverkehr mit hoher Geschwindigkeit und mit der Bequemlichkeit der Hauptlinien abzuwickeln. Hierfür wurden nach eingehenden Versuchen, die auch mit einigen im Auslande gebauten vier- und zweiachsigen Triebwagen durchgeführt wurden, für die meisten Flachlandnebenlinien die zweiachsigen Triebwagen mit Verbrennungsmotoren Bauart Ganz-Danubius-Budapest als entsprechend gefunden. Von diesen Triebwagen, nach Textabb. 6 befinden sich z. Z. 50 Stück mit je einem Beiwagen im Betrieb.

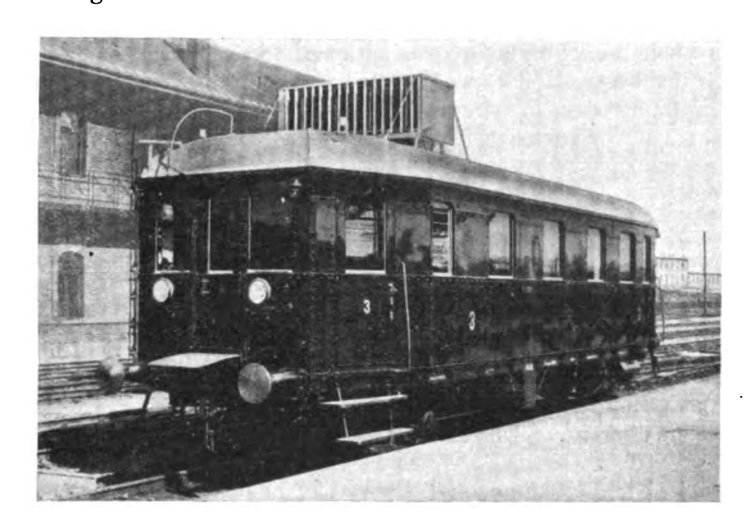


Abb. 6. Zweiachsiger Triebwagen 2. und 3. Klasse mit Verbrennungsmotor.

Grundriß mit Hauptmaßen und Angaben der Triebwagen und der Beiwagen sind in den Abb. 4 und 5, Taf. 22 dargestellt.

Der Triebwagen hat zwei Vorräume mit Führerständen, zwei Personenabteile, einen Gepäckraum und einen Abort. Als Richtschnur für den Entwurf der Triebwagen wurde aufgestellt, daß das Eigengewicht wegen der zulässigen Achsdrücke auf den Nebenlinien 17900 kg nicht überschreiten dürfe. Diese Forderung konnte dadurch erfüllt werden, daß die Triebwagen auf Grund der günstigen Erfahrungen mit den eisernen Personenwagen (s. oben) in Konstruktion und Umriß mit diesen übereinstimmend als stählerne Wagen ausgebildet wurden. Abweichende Konstruktionseinzelheiten sind: an den Kastenwänden 2 mm, am Dach 1,5 mm starke verringerte Eisenblechverkleidung, Scheibenräder mit Stahlreifen, Chromnickelstahl-Triebachse, Rollenachslager, nicht durchgehende Zugvorrichtung, normale äußere Stoßvorrichtung und Knorr-Bremse mit stehendem Luftkompressor, welcher auch den Sandstreuer und den Geschwindigkeitsschalter bedient.

Der sechszylindrige Benzolmotor von 90 PS Leistung und 260 g/PSSt. Benzolverbrauch ist in die Mitte des Untergestells, von oben zugänglich, eingebaut. Der Lamellenblockkühler ist auf dem Dache aufgestellt und kann zum Vorwärmen des Motors mit Dampf aus beliebiger Dampfquelle von unten gespeist werden. Der Druckluftgeschwindigkeitsumschalter erteilt dem Wagen eine Geschwindigkeit von 15 bis 55 km/Std., in vier Abstufungen. Der Motor kann von beiden Wagenenden bedient werden und beide Führerstände sind mit allen Ausrüstungen und Nebenapparaten versehen, die für die Führung des Wagens und den Betrieb der Maschineneinrichtungen bei dem heutigen Stand der Verbrennungsmotortechnik notwendig sind.

Die Innenansicht der Abteile zeigt die Textabb. 7. Die Kasten und Abteilwände sind mit lackierten, die Decken mit weißemaillierten Sperrholztafeln verkleidet, der Holzfußboden ist mit Korkplatten belegt und mit Linoleum überzogen. Alle Fenster mit Silumin-Leichtmetallrahmen sind herablaßbar. Die Eingangstüren öffnen sich nach außen und sind mit gesicherten Schlössern versehen; durch die Stirnwandtüre kann der Schaffner in den Beiwagen hinübergehen.

Das Abteil 2. Klasse ist mit gefederten, gepolsterten Sitzen und Rücklehnen mit Moquetteüberzug versehen, die Sitze in dem Abteil 3. Klasse sind aus polierten Sperrholztafeln hergestellt. In der Mitte des Abteils 3. Klasse erhebt

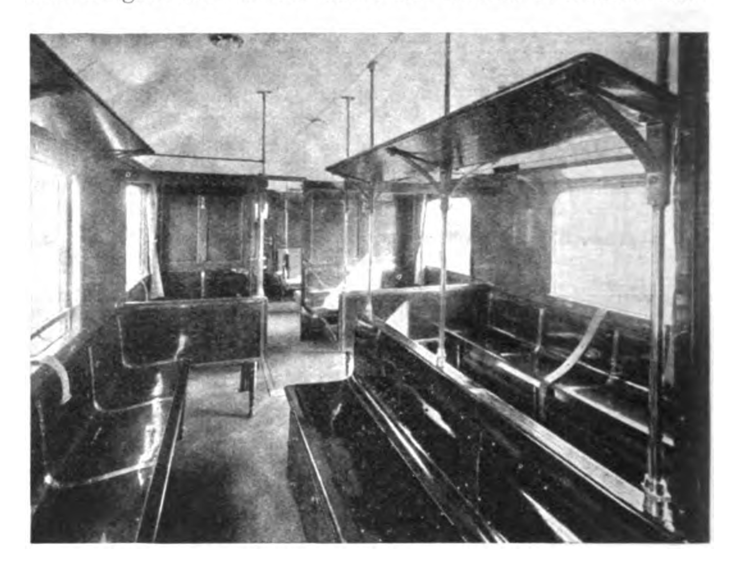


Abb. 7. Innenansicht des Triebwagens.

sich aus dem Fußboden die Abdeckung des Motors, als Längssitz ausgebildet und die Rohrleitung des Kühlwassers zum Dache; beide sind doppelwandig, mit Korkeinlage isoliert und mit lackierter Sperrholzumhüllung verschalt. Die Heizung besorgen Rippenrohre, gespeist durch das Kühlwasser des Motors. Zur Beleuchtung dient eine Bosch-Dynamo von 500 Watt Leistung, bei 24 Volt Spannung, durch den Benzolmotor angetrieben.

Im Gepäckraum ist ein Schaffnersitz, Klappschreibtisch und Regal untergebracht. Die Abort- und Wascheinrichtungen entsprechen jenen der vierachsigen Personenwagen.

Die Kupplungen, Stoß- und Zugvorrichtungen und Signalstützen sind normal ausgeführt, um den Triebwagen auch in allen Personen- und Güterzügen befördern zu können.

Die Beiwagen stimmen in Konstruktion und Bau mit den Triebwagen überein; die Zugvorrichtung ist durchgehend; den Strom für die Beleuchtung und das Laden einer eigenen Akkumulatorenbatterie liefert die Dynamo des Triebwagens; die Heizung wird von einem äußeren Hängeofen besorgt, welcher mit Drucklufthilfblasrohr vom Bremskompressor angefacht wird.

4. Vierachsige Obsttransportwagen.

Die günstigen klimatischen Verhältnisse des ungarischen Tieflandes lassen Obst und Gemüse in vorzüglicher Qualität reifen, das einen weiten Verbraucherkreis seit jeher schuf. Um besonders die wertvollen Erstlinge der frühreifenden Obst- und Gemüsearten nach allen Hauptmärkten Mitteleuropas, selbst mit Personen- und Schnellzügen in frischem

Zustande befördern zu können, wurden besondere vierachsige Obsttransportwagen nach Textabb. 8 gebaut.

Grundriß, Hauptmaße und Angaben zeigt Abb. 7, Taf. 22.

Der Wagen mußte einerseits so leicht gebaut werden, daß auch Linien mit 9000 kg höchstem Achsdruck befahren werden können (21000 kg höchstes Eigengewicht), andererseits aber die genügende Festigkeit besitzen, um den Beanspruchungen bei hohen Zuggeschwindigkeiten bis 90 km/Std. zu genügen. Zu diesem Zwecke sind die Kastensäulen unmittelbar an dem Steg der Langträger mit nach innen gedrehten Flanschen angenietet, wodurch einerseits die Kastenträger und Kastenunterrahmen erspart, andererseits aber eine feste Vernietung des Kastengerippes mit dem Untergestell erzielt wurden. Die Drehgestelle mit Blatt- und Spiraltragfedern tragen unmittelbar, ohne gefederten Wiegenbalken den Wagen; die kugelförmigen Drehteller ermöglichen das unbehinderte Befahren selbst von solchen Ablaufbergen, welche mit nur 200 m Abrundungsradius im Brechpunkt gebaut sind.

Mit Rücksicht auf die Beförderung in Personenzügen ist der Wagen mit Ausgleichstoßvorrichtung, dann neben der Handbremse auch mit der Westinghouse-Schnellbremse und der automatischen Vakuumbremse, ferner mit einer Dampfheizhauptleitung von 51 mm lichtem Durchmesser ausgerüstet.



Abb. 8. Vierachsiger Obsttransportwagen.

Der Kasten und das trapezförmig erhöhte Dach erhielten die übliche Ausführung aus Eisengerippe mit Holzverschalung und Holzfußboden. Die Schiebetüröffnungen sind 1500 mm breit. In den Seiten- und Stirnwänden sind oben 20 vergitterte und unten 14 mit Holzjalousien versehene Lüftungsöffnungen, von zusammen 13 m² Fläche ausgebildet, welche innen durch Eisenblechschieber verschließbar sind. Durch das gleichzeitige Öffnen aller Schieber wird eine starke Luftströmung erreicht, welche in allen Schichten des großen Laderaumes von 97 m³ Rauminhalt eine ständige und ausgiebige Lüftung sichert und hierdurch den Wagen zur Beförderung von leichtverderblichen Gütern vorzüglich geeignet macht.

Feste Ladeeinrichtungen sind nicht eingebaut, folglich können die den verschiedenen zum Transport gelangenden Gütern entsprechenden beweglichen Lademittel von Fall zu Fall verwendet werden. Dadurch ist der Wagen auch zur Beförderung verschiedener sperriger Güter anstandslos zu gebrauchen, wodurch seine Verwendungsmöglichkeit vergrößert wird.

5. Zweiachsige Kühlwagen für Fleischtransporte.

Der Ausfuhrhandel benötigt Spezialwagen für Güter, die nur in gekühltem Zustande befördert werden können, in erster Reihe für Frischfleisch, dann Wild, Eier usw. Unsere neuesten Eiskühlwagen mit eingebauter Einrichtung für Fleischladungen wie sie für den unmittelbaren Übergang auf die Eisenbahnen Englands konstruiert sind, zeigt die Textabb. 9.

Grundriß, Hauptmaße und Angaben siehe Abb. 6, Taf. 22.

Das Untergestell des Kühlwagens ist nach den Normen der neuesten zweiachsigen Güterwagen gebaut, die Bremseinrichtung besteht aus Handbremse, Westinghouse-Schnellbremse und automatischer Vakuumbremse, die Dampfheizleitung, mit Absperrschiebern ausgerüstet, hat einen lichten Durchmesser von 51 mm.

Der Kasten hat Eisengerippe mit Holzverschalung, das Tonnendach mit Deckleinen wasserdicht eingedeckt, entspricht dem Lademaß der englischen Bahnen.

Statt der üblichen Wärmeisolierung der meisten Kühlwagen durch Doppelwände mit eingeschlossener unbeweglicher Luftschicht, ist die Wärmeisolierung dieser Fleischtransportwagen nach den neuesten Grundsätzen ausgeführt. Die Doppelholzwände des Kastens und der Seitentüre sind an den inneren, einander gegenüberstehenden Flächen mit Teerpappe belegt und die Wandzwischenräume mit zwei Schichten von Korkziegeln ausgefüllt, bei dem Dach und den Eisluckendeckeln am Dach ist die innere Bretterverschalung mit einem Zinkblechbelag versehen. Am Fußboden ist nur eine Korkziegelschicht angewendet. Sämtliche innere Kastenwand- und Bodenflächen sind mit gutverlötetem Zinkblech belegt.

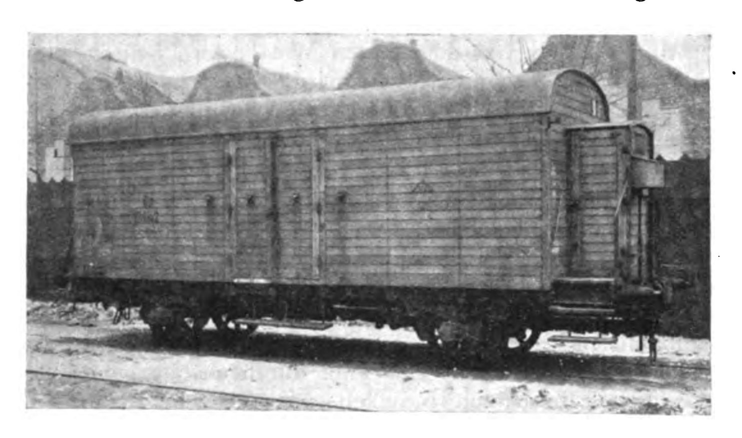


Abb. 9. Zweiachsiger Kühlwagen für Fleischtransporte.

Die Eisenrahmen der zweiflügeligen Seitentüren werden durch Schiebeschlösser und Ledereinfassungen luftdicht geschlossen, die drei Deckel an den Dachluken erhielten Schraubenverschluß.

Die Kühleinrichtung des Wagens besteht aus drei im Dachraum untergebrachten Eisbehältern, die auf Querträgern aus ⊏-Eisen ruhen, letztere sind mittels Stühlen aus Stahlguß auf den beiderseitigen Kastenoberrahmen leicht lösbar befestigt. Die Eisbehälter sind als Flacheisengitterwerk hergestellt, mit hochkantigen Böden aus autogengeschweißtem 3 mm starkem Eisenblech. Die Böden sind in der Mitte erhöht und das Eiswasser wird durch je ein Rohr in die beiderseitigen Sammelröhren geleitet und an zwei diagonalen Ecken des Kastens durch den Fußboden hindurch in leicht abnehmbare Wasserbecher entleert.

In der Längsrichtung des Wagens sind an den unteren Flanschen der Querträger, welche die Eisbehälter tragen, sechs Stück durchlaufende Stahlrohre aufgehängt, mit zusammen 210 Stück Fleischhaken, die auf den Rohren verschiebbar, aber nicht drehbar sind.

Die ganze innere Einrichtung des Wagens ist in allen ihren Einzelteilen verzinkt. Der Fußboden ist mit Lattenrosten belegt.

Für die Lufterneuerung des vollkommen luftdicht abgeschlossenen Laderaumes sorgt ein Frischluftblasrohr von 85 mm Durchmesser im Dachraum, welches seitlich neben den Eisbehältern, in der ganzen Wagenlänge durchgeführt

st und in den Stirnwänden in trichterförmigen Luftsammlern mit Rückschlagklappen endet. In der oberen Hälfte seines Umfanges ist dieses Blasrohr in der ganzen Länge gelocht. Der Fahrtrichtung entgegengesetzt durchströmt ein Luftstrom das Blasrohr, schließt am hinteren Ende die Klappe und bläst infolge des entstehenden Überdrucks durch die Löcher der Rohrwand gegen das Dach. In zwei diagonalen Ecken am Fußboden stehen zwei Blechkästen mit Scharnierdeckeln, die den oberen inneren Abschluß von senkrechten Luftkanälen bilden; außen endigen sie in Torpedosaugköpfen, die am Fußboden nach unten hängend, befestigt sind. Die Saugwirkung der Torpedoluftsauger erzeugt eine ständige Luftbewegung von der Decke zum Fußboden; die oben hereingeleitete und vom Eis abgekühlte frische Luft durchströmt den ganzen Laderaum und die erwärmte und feuchtgewordene Luft wird unten durch die Saugköpfe abgesaugt.

Die beschriebene Wärmeisolierung, Abdichtung, Abkühlung und Lüftung dieser Wagen ermöglicht die Beförderung von Fleisch usw. in frischem Zustande nach den entferntesten Bestimmungsorten; zu diesem Zwecke sind diese Wagen auch mit den Signalstützen der französischen und englischen Bahnen ausgerüstet.

Förderung des Personenverkehrs auf den Lokalbahnen durch Triebwagen und Kleinlokomotiven.

Von Oberingenieur **Hirschmann,** Direktion der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Die Entwicklung des Kraftwagenverkehrs, der in Wettbewerb mit der Eisenbahn trat und zu einer Abwanderung des Verkehrs auf die Kraftwagenlinien führte, veranlaßte auch die ung. Staatseisenbahnen, sich vor dem nachteiligen Einfluß des neuen Wettbewerbes zu schützen.

Es sollen hier nur die aus diesem Grunde zur Förderung des Personenverkehrs auf Lokalbahnen getroffenen Maßnahmen behandelt werden. Der Fernverkehr auf den Hauptlinien blieb von dem neuen Wettbewerb beinahe unberührt und der Nahgüterverkehr wird seitens der Eisenbahnverwaltung mit Mitteln gefördert, die für den Eisenbahn-Techniker geringeres Interesse haben, wie Sondertarife, Gründung einer besonderen Lastkraftwagengesellschaft usw.

Der Personenverkehr auf den Lokalbahnen bedurfte dringend einer Neubelebung. Er wurde früher durch gemischte Züge mit kleiner Reisegeschwindigkeit abgewickelt, die in geringer Zahl verkehrten und häufig schlechte Anschlüsse hatten. So verkehrten z. B. früher auf der rund 114 km langen Lokalbahnstrecke Szolnok — Szentes — Hódmezövásárhely täglich in jeder Richtung nur zwei durchgehende gemischte Züge mit einer Reisegeschwindigkeit von rund 15 bis 18 km/Std. Diese Verhältnisse wurden nach dem Kriege durch den auftretenden Wettbewerb der Kraftwagen unhaltbar; die Staatseisenbahnen beschlossen daher auf den Lokalbahnen den Personenverkehr und Güterverkehr zu trennen und den Fahrplan der Personenzüge den Ansprüchen der Zeit entsprechend zu gestalten.

Die zur Beförderung der gemischten Züge verwendeten Lokomotiven waren zur Abwicklung des getrennten, beschleunigten Personenverkehrs unwirtschaftlich, da sie für größere Zugeinheiten bestimmt und z. T. veraltet waren. Auf der Suche nach den für kleine beschleunigte Zugeinheiten geeigneten Betriebsmitteln lenkte sich die Aufmerksamkeit der Staatseisenbahnen vor allem auf Triebwagen mit Verbrennungsmotoren. Die Entwicklung der Verbrennungsmotoren nach dem Kriege berechtigte zu der Annahme, daß in ihnen bereits eine betriebssichere Kraftquelle für Eisenbahntriebwagen zu erblicken sei. Das flache Gelände des größeren Teiles der ungarischen Lokalbahnen ist dem Verbrennungsmotor, der wenig überlastbar ist, günstig.

Die ersten Triebwagen bestellten die Staatseisenbahnen Ende 1925 in Deutschland, da die heimische Industrie für den Bau von Triebwagen noch nicht vorbereitet war. Es waren dies ein 150 PS Benzoltriebwagen der Deutschen Werke A. G. Kiel und ein 150 PS Dieseltriebwagen der Eisenbahnverkehrsmittel A. G. Berlin mit Maybach-Motor, beide vierachsig.

Auch die heimische Industrie begann für den Bau von Triebwagen ein lebhaftes Interesse zu bekunden. Ganz & Comp. Danubius, Budapest, stellte den Staatseisenbahnen bereits im Mai 1926 einen zweiachsigen 80 PS Benzintriebwagen samt zweiachsigem Anhänger zu sechsmonatiger kostenfreier Erprobung zur Verfügung. Die mit diesem Triebwagen gesammelten Erfahrungen waren günstig und die Staatseisenbahnen haben seither, diese erste Versuchsausführung mit eingerechnet, 48 Stück zweiachsige Benzin-, bzw. Benzoltriebwagen System Ganz & Co-Danubius in Auftrag gegeben, die schon alle angeliefert wurden.

Auch andere ungarische Werke machten den Staatseisenbahnen Angebote auf Lieferung von Triebwagen-Maschinenanlagen oder ganzen Triebwagen. Die staatliche Eisen-, Stahl- und Maschinenfabrik in Budapest trat mit der N. A. G. (Nationale Automobil Gesellschaft, Berlin) in Verbindung und lieferte im Jahre 1926 den Staatseisenbahnen je sieben Stück 75 PS N. A. G. Benzoltriebwagenmotoren und Triebwagengetriebe, von denen eine Einheit in einen zweiachsigen und je zwei Einheiten in drei vierachsige, von den Werkstätten der Staatseisenbahnen gebaute Wagen eingebaut wurden. Die Maschinenfabrik Schlick-Nicholson, die inzwischen auf die Maschinenfabrik Ganz & Co-Danubius übergegangen ist, lieferte den Staatseisenbahnen in den Jahren 1927 und 1928 je einen von ihr gebauten zweiachsigen Triebwagen mit schnellaufendem 75 PS Dieselmotor der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg. Das Getriebe des einen ist Bauart Graf Soden der Zahnradfabrik Friedrichshafen, des anderen Bauart der Maschinenfabrik Esslingen. Die ungarische Waggon- und Maschinenfabrik in Györ (Raab) stellte in den gleichen Jahren je einen Schienenautobus mit maschineller Einrichtung eigener Erzeugung für Strecken mit schwachem Personenverkehr.

Diese rege Bewerbung der heimischen Industrie erleichterte den Staatseisenbahnen die Entwicklung und Beschaffung der für sie geeigneten Triebwagentype im Inlande. Bis Ende 1928 waren die in folgender Zusammenstellung 1 angeführten Triebwagen, im ganzen 40 Stück auf den in Abb. 1 mit starken Linien bezeichneten Strecken der Staatseisenbahnen im Betrieb.

Eine nähere Beschreibung der aus Deutschland bezogenen Triebwagen und Triebwagenmaschinenanlagen erübrigt sich, da sie in den Veröffentlichungen der deutschen Fachliteratur und in den Druckschriften der einzelnen Werke bereits gegeben ist.

Der Ganzsche zweiachsige Benzoltriebwagen (siehe Abb. 2) ist, wie aus der Zusammenstellung 1 zu ersehen ist, die bisher gebräuchlichste Triebwagentype der Staatseisenbahnen. Seine maschinelle Einrichtung ist aus den Abb. 3 bis 6 zu ersehen. Er ist besonders leicht gehalten und kann mit seinem Leergewicht von rund 18,4 t auf den meisten Lokalbahnen ohne Beschränkung verkehren. Die übrigen in der Zusammenstellung 1 angeführten Triebwagen, mit Ausnahme des Triebwagens der Deutschen Werke und der beiden Schienenautobusse, können wegen ihres größeren Achsdruckes nicht freizügig verwendet werden. Dieser größere Achsdruck ist nicht nur wegen der Beschränkung der freizügigen Verwendung, sondern auch als konstruktiver Mangel zu beklagen. Es ist verfehlt, alle normalisierten Konstruktionselemente des Haupt-



Zusammenstellung 1.

Triebwagen der ungarischen Staatseisenbahnen. — Ende 1928.

Laufende Nr.	Erbauer	Anzahl	Eigengewicht kg	Sitzplätze Klasse II.	Sitzplätze Klasse III.	Motor PS	Motor Drehzahl i.d.Min.	Geschwindigkeitswechsel	Zahl der Achsen	Zahl der Achsen: Triebachsen	Zahl der Achsen: Laufachsen	Rollenachslager	Raddurchmesser mm	Geschwindigkeitsstufen km/Std.	Zulässige Höchstgeschwindigkeit km/Std.	Zug- und Stoßvorrichtung	Heizung
1	2	3	4			5	6	7	8			9	10	11	12	13	14
1	Deutsche Werke Kiel	1	32 200	24	54	150	1000	System Deutsche Werke Kiel, mechanisch	4	2	2	Fries und Höflinger Rollenlager	850	12, 24, 37, 60	60	V.D.E.V.	Umlaufwasserheizung
2	Eisenbahn-Verkehrsmittel A. G. Maybach	1	40 000	29	51	150	1300	System Maybach, Drucköl	4	2	2	Gleitlager	1000	10,5, 19, 39,5, 61	60	V.D.E.V.	Umlaufwasserheizung
3	Staatliche Eisen-, Stahl- und Maschinenfabrik und N. A. G.	1	18 680	10	30	75	950	System N. A. G., pneumatisch	2	1	1	S. K. F. Rollenlager	1020	10, 22, 40, 60	60	V.D.E.V.	Auspuffgasheizung
4		3	35 600 bis 38 650	24	49	2×75	950	System N. A. G., pneumatisch	4	2	2	S. K. F. Rollenlager	1020	10, 22, 40, 60	60	V.D.E.V.	Auspuffgasheizung
5	Schlick-Nicholson und M. A. N.	1	21 700	20	30	75	1100	System Soden	2	1	1	S. K. F. Rollenlager	890	9,5, 15,5, 25,5, 43, 70	70	V.D.E.V.	Umlaufwasserheizung
6		1	22 200	10	32	75	1100	System Maschinenfabrik Esslingen	2	1	1	S. K. F. Rollenlager	1020	14,2, 34,6, 45,2, 54,2	55	V.D.E.V.	Umlaufwasserheizung
7	Ganz & Co.-Danubius	1 (Versuchsausführung)	15 900	12	38	80	1000	System Ganz, elektropneumatisch (Multiplesyst.)	2	1	1	S. K. F. Rollenlager	750	14,5, 33,3, 55,5	55	Zentralkupplung, System Ganz	Umlaufwasserheizung
8		29	17 300 bis 17 500	15	31	90	1150	System Ganz, pneumatisch	2	1	1	S. K. F. Rollenlager	920	13,1, 23,9, 33,7, 48,2	55	V.D.E.V.	Umlaufwasserheizung
9	Ungarische Waggon- u. Maschinenfabrik	2 (Schienenautobusse)	7 740	29	—	45	1800	mechanisch	2	1	1	F. S. Rollenlager	750	10, 20, 37, 75 10, 21, 42, 75	60	—	Auspuffgasheizung

bahnpersonenwagens auf den Triebwagen zu übernehmen, da dieser geringeren Ansprüchen zu genügen hat. Überflüssiges totes Gewicht ist ein Verlust an Zugkraft für Anhängewagen.

Um die Zugkraft des Motors bzw. Triebwagens gut auszunützen, verwenden die Staatseisenbahnen zweiachsige Anhängewagen besonders leichter Bauart (siehe Zusammenstellung 2 und Abb. 2) von nur rund 12,4 t Eigengewicht mit 56 Sitzplätzen. Zur Erleichterung des Anfahrens haben alle Triebwagen mit Ausnahme des E. V. A.-Maybach Triebwagens und alle Anhängewagen Rollenachslager.

In der Abb. 7 finden sich Angaben über die Leistung und den Brennsstoffverbrauch des Ganzschen Benzoltriebwagenmotors und in Abb. 8 über die Zugkraft eines Ganzschen Triebwagens, gemessen am Umfange der Räder der angetriebenen Wagenachse, und über den Laufwiderstand eines aus einem Triebwagen und einem Anhänger oder aus einem Triebwagen und zwei Anhängern bestehenden Triebwagenzuges von 40 bzw. 58 t Gesamtgewicht.

Die Angaben der Abb. 8 ergeben sich aus den Angaben der Abb. 7 und aus folgenden, durch Betriebserfahrungen erhärteten Rechnungsgrundlagen:

Zusammenstellung 2.

Anhängewagen für Triebwagen der ungarischen Staatseisenbahnen. — Ende 1928.

Lfd. Nr.	Erbauer	Anzahl	Eigengewicht kg	Sitzplätze II. Klasse	Sitzplätze III. Klasse	Zahl der Achsen	Rollenachslager	Raddurchmesser mm	Zug- und Stoßvorrichtung	Heizung
1	Ganz & Comp.-Danubius	1 (Versuchsausführung)	11 500	12	21	2	S. K. F.	750	V. D. E. V.	Warmluftheizung
2		63	12 360	15	41	2	S. K. F.	920	V. D. E. V.	Warmluftheizung
3	Werkstätte der ungarischen Staatseisenbahnen	3	14 400	20	30	2	S. K. F.	1020	V. D. E. V.	Warmluftheizung
4		3	14 200	20	30	2	F. S.	1020	V. D. E. V.	Warmluftheizung
5	Güterwagen für Post-, Gepäck- und Expreßgutbeförderung	5	8 500	—	—	2	S. K. F.	1020	V. D. E. Vl.	—

Die Leistung des Motors ist mit 5% geringer angenommen, als in Abb. 7 dargestellt, also zu

41,4 59,8 67,6 81,7 95,0 PS

bei 500 700 800 1000 1300 Umdrehungen des Motors in der Minute.

Von dieser Motorleistung ist in Abzug zu bringen der Leistungsverbrauch durch Antrieb des Geschwindigkeitswechsels, Kompressors und der Dynamo, der die nachfolgenden Werte hat:

	bei 500 Umdrehungen des Motors i. d. Min. PS	700 PS	800 PS	1000 PS	1300 PS
in der I. Geschwindigkeitsstufe	3,9	5,6	6,4	8,2	10,7
in der II. bis IV. Geschwindigkeitsstufe	5,3	7,6	8,8	11,1	14,6

Bei einem Gesamtwirkungsgrade des Achsantriebes und des Wechselgetriebes für Änderung der Fahrtrichtung von 93% verbleiben als **Nutzleistung** des Motors, gemessen an den angetriebenen Wagenachsen:

	bei 500 Umdrehungen des Motors i. d. Min. PS	700 PS	800 PS	1000 PS	1300 PS
in der I. Geschwindigkeitsstufe	34,9	50,4	57,0	68,4	78,5
in der II. bis IV. Geschwindigkeitsstufe	33,6	48,6	54,6	65,7	74,8

Die in der Abb. 8 eingezeichneten Zugkraftkurven sind aus obigen Nutzleistungen errechnet. Sie zeigen **die Größe der Zugkraft** am Umfange der Räder der angetriebenen Wagenachse in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen.

Die in der Abb. 8 dargestellten Widerstände des Triebwagenzuges von 40 t bzw. 58 t Gesamtgewicht ergeben sich aus folgenden Widerstandsformeln:

Gesamtwiderstand des mit Reisenden und Gepäck 22 t schweren Triebwagens:

$$W = 39 + 0{,}04\, V^2 \text{ kg},$$

Gesamtwiderstand des mit Reisenden und Gepäck 40 t schweren Triebwagenzuges:

(1 Triebwagen + 1 Anhängewagen): $W = 70 + 0{,}05\, V^2$ kg,

Gesamtwiderstand des mit Reisenden und Gepäck 58 t schweren Triebwagenzuges:

(1 Triebwagen + 2 Anhängewagen): $W = 102 + 0{,}06\, V^2$ kg.

Aus obigen Formeln ergeben sich die spezifischen Widerstände für den Triebwagen und Anhängewagen und zwar

für den Triebwagen: . . $W = 1{,}77 + \frac{V^2}{550}$,

für den Anhängewagen: $W = 1{,}72 + \frac{V^2}{1800}$.

Der Formel für den spezifischen Widerstand eines zweiachsigen Güterwagens:

$$W = 2{,}5 + \frac{V^2}{2000}$$

gegenüber zeigt das erste Glied der obigen Formeln den günstigen Einfluß des Rollenachslagers, das zweite Glied den ungünstigen Einfluß der großen Angriffsflächen (Dachkühler) des Triebwagens und des geringen Triebwagen- bzw. Anhängewagengewichtes im Verhältnis zur Längs- und Querschnittsfläche.

Im Betriebe finden die Staatseisenbahnen mit der Vorschrift, daß der **Ganzsche Triebwagen** auf Strecken mit Steigungen bis 1‰, 5‰, 10‰ mit höchstens drei, bzw. zwei bzw. **einem** Anhänger verkehren darf, das Auslangen.

Die Ganzschen Triebwagen haben zwei Führerstände, für jede Fahrtrichtung einen, sie brauchen also an Wendestationen nicht gedreht zu werden; sie sind im Winter mit dem Umlaufwasser des Motors geheizt und haben elektrische Beleuchtung. Den hierzu nötigen Strom liefert eine 500 Watt Bosch-Dynamo, die gleichzeitig die 24 Volt-Speicherbatterie von 160 Amperestunden Kapazität des Triebwagens und die 24 Volt-Speicherbatterien von 80 Amperestunden Kapazität der mit dem Triebwagen und untereinander mit Kabeln verbundenen und gleichfalls elektrisch beleuchteten Anhängewagen mit Energie versorgt.

Die Anhängewagen werden vorläufig mit warmer Luft geheizt. Am Wagenuntergestell ist ein von außen mit Kohle



oder Koks zu heizender Ofen befestigt, dessen Abzugrohr unterhalb des Wagenkastens ummantelt ist. Diese Ummantelung steht durch drei mit Gittern bedeckte Öffnungen des Fußbodens, durch welche die Warmluft einströmt, mit dem Wageninnern in Verbindung. Bei großer Kälte ist diese Heizung nicht ausgiebig genug, weshalb andere Heizeinrichtungen versucht werden.

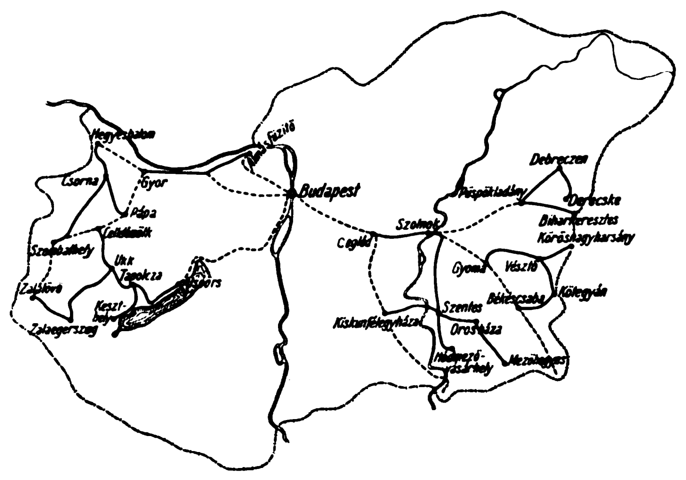


Abb. 1. Lokalbahnen der k. ung. Staatseisenbahnen mit Triebwagenverkehr Ende 1928: 958 km.

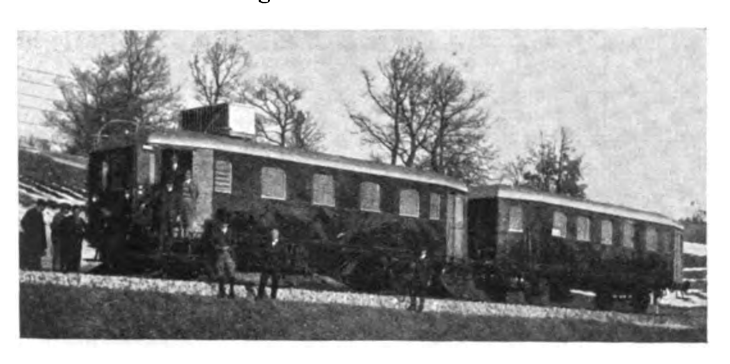


Abb. 2. 90 PS-Benzol-Triebwagen, System Ganz mit einem Anhängewagen.

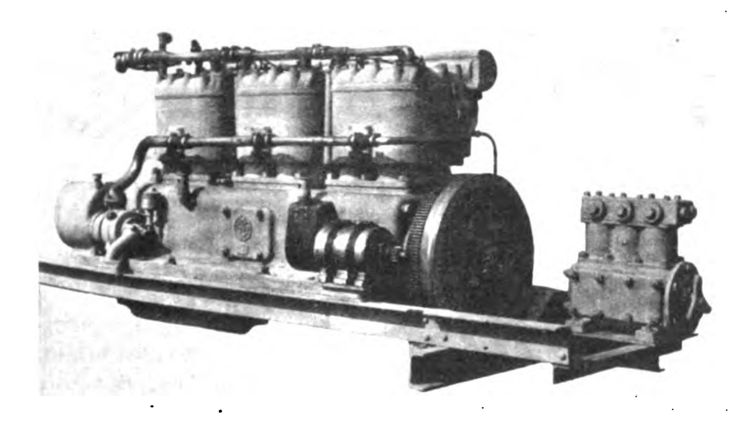


Abb. 3. 90 PS-Triebwagenmotor, System Ganz mit dreizylindrigem Knorr-Verdichter.

Zur Beförderung von Post, Gepäck und Expreßgut und als Dienstraum für den Zugführer haben die Triebwagen besondere, durch Rolladen verschließbare Gepäckräume von 1480 × 1342 mm Grundfläche, die vom Führerstand aus zugänglich sind. Wo der Gepäckraum sich zu klein erweist, werden an die Triebwagenzüge besondere gedeckte Güterwagen von rund 8,5 t Gewicht (siehe Zusammenstellung 2) zur Beförderung der Post, des Gepäcks und Expreßgutes angehängt.

Natürlich verringert sich dadurch die Anzahl der zur Beförderung von Personen dienenden Anhängewagen, was eine unangenehme Begleiterscheinung des reinen Triebwagenverkehrs ist.

Jeder Triebwagenzug hat zwei Mann Besetzung, einen Triebwagenführer und einen Zugführer, welch letzterer gleich-

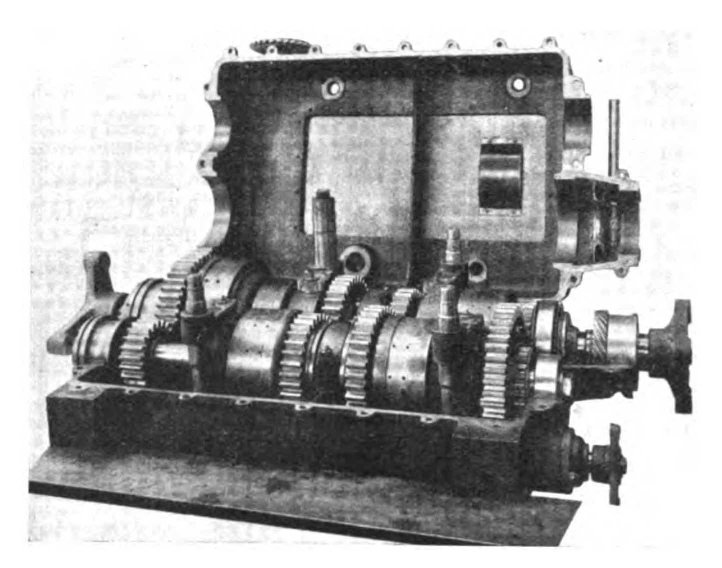


Abb. 4. Triebwagen Geschwindigkeits-Wechselgetriebe, System Ganz mit vier Gängen. Deckel abgenommen.

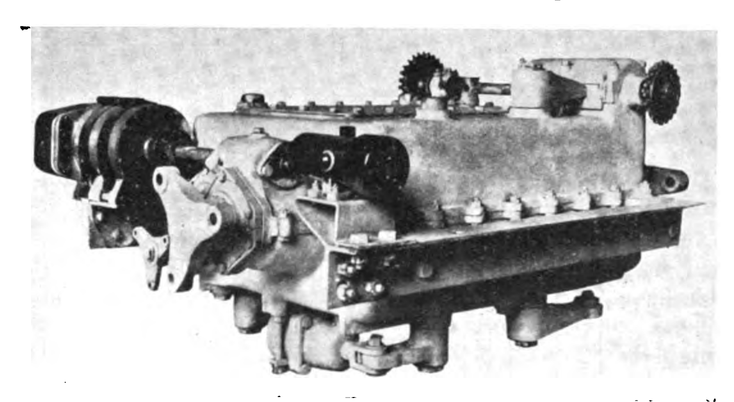


Abb. 5. Triebwagen - Geschwindigkeits - Wechselgetriebe nach Abb. 4, geschlossen.

zeitig Schaffnerdienst verrichtet und in der Bedienung der Maschinenanlage und Bremseinrichtung soweit ausgebildet ist, daß er den Motor abstellen und den Triebwagenzug zum Halten bringen kann.

Der Fahrbereich des Ganzschen Triebwagens kann mit einem Brennstoffvorat von 250 l Benzol bei Beförderung von einem bis zwei Anhängern mit rund 350 km angenommen werden.

Die Schienenautobusse der ungarischen Waggon- und Maschinenfabrik (siehe Abb. 9) haben auf den Lokalbahnen mit schwachem Personenverkehr gut entsprochen, ihr einziger Nachteil ist das notwendige Drehen auf den Wendestationen wegen des einseitigen Führerstandes.

Da der Verbrennungsmotor als Zugkraftquelle für Züge mit stark schwankender Besetzung und für Strecken mit starken Steigungen (über 10‰) wegen seiner geringen Überlastbarkeit nicht gut geeignet ist, haben die Staatseisenbahnen neben der Beschaffung von Verbrennungstriebwagen teils die Vervollkommnung ihrer bisherigen Kleindampflokomotiven betrieben, teils neue Kleindampflokomotiven beschafft.

Die bisherigen 1 A-Naßdampfverbundlokomotiven Serie 11 (s. Abb. 10) wurden z. T. in Zwillings-Heißdampflokomotiven umgebaut. Durch diese Maßnahme wurde der Fahrbereich und die Leistungsfähigkeit dieser Lokomotiven vergrößert. Von diesen nur für den Flachlandlokalverkehr bestimmten Lokomotiven sind 24 Stück im Betrieb, davon sind bereits sechs Stück umgebaut worden.

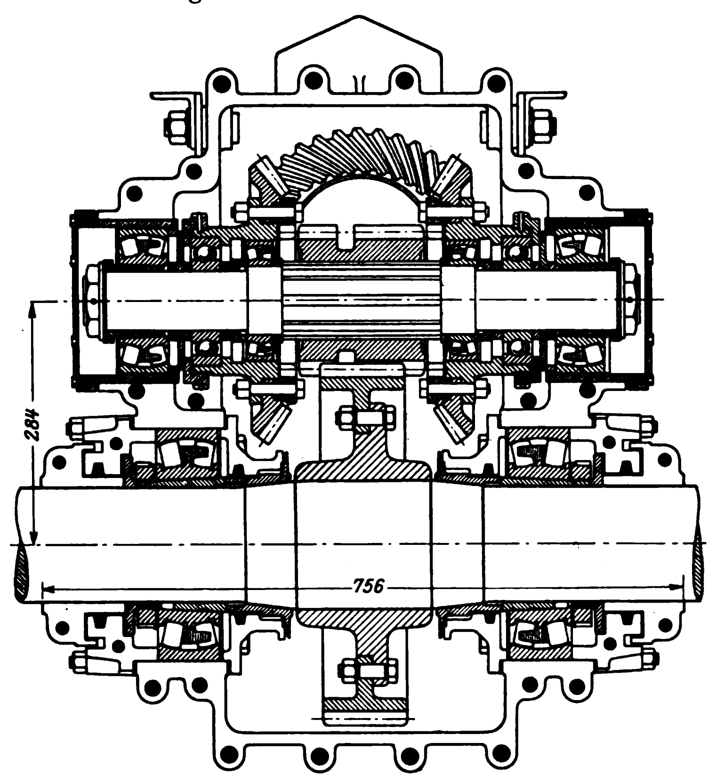


Abb. 6. Wechselgetriebe und Achsantrieb für 90 PS-Benzol-Triebwagen, System Ganz.

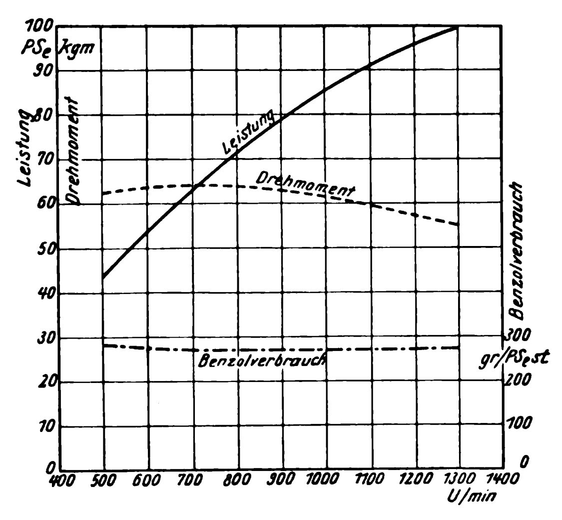


Abb. 7. Leistung, Drehmoment und Benzolverbrauch des 90 PS-Benzol-Triebwagenmotors, System Ganz in Abhängigkeit von der Drehzahl.

Neu entworfen wurde die 1 B 1-Kleindampflokomotive Serie 22 (siehe Abb. 11), die leistungsfähiger ist und für Lokalstrecken mit starkem Verkehr und für Strecken mit starken Steigungen bestens geeignet ist. Von ihr wurden bis jetzt 47 Stück beschafft und es sollen noch weitere Nachbestellungen folgen.

Die Staatseisenbahnen haben im August 1928 auf den von Szentes ausgehenden Lokalbahnen Vergleichsfahrten mit Triebwagen und Kleindampflokomotivzügen ausgeführt und neben Bestimmung der Anfahrbeschleunigung die Gesamtkosten beider Zugarten festgestellt, um Anhaltspunkte für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit beider Betriebsarten zu erhalten.

Verglichen wurde ein Triebwagenzug bestehend aus einem Ganzschen Triebwagen und zwei Anhängewagen mit Rollenlagern mit einem Lokomotivzug bestehend aus einer Lokomotive Serie 22 und dem ihr angehängten Triebwagenzug obiger Zusammenstellung, ferner mit einem Lokomotivzug, bestehend aus genannter Lokomotive und sechs Stück leichteren Personenwagen.

Die Anfahrbeschleunigung war bei der Lokomotive Serie 22 viel günstiger, als beim Triebwagen, da die Lokomotive größere

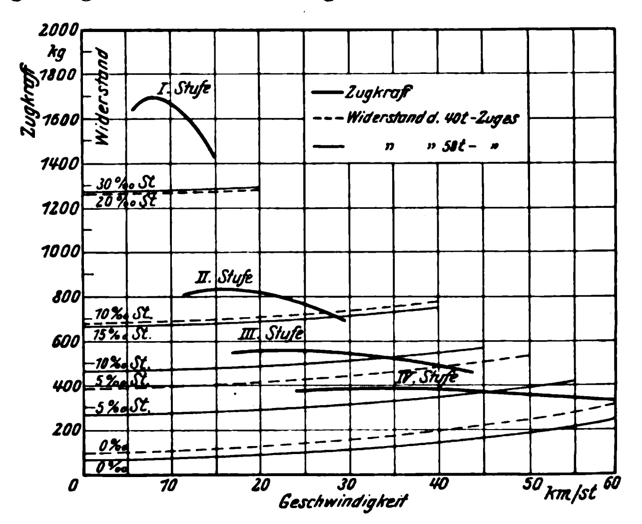


Abb. 8. Zugkraft des 90 PS-Benzol-Triebwagens, System Ganz und Laufwiderstand der Triebwagenzüge von 40 bzw. 58 t Bruttogewicht in Abhängigkeit von der Zuggeschwindigkeit.

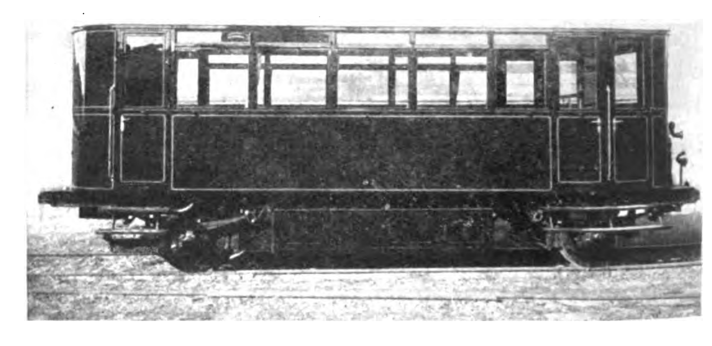


Abb. 9. Schienenautobus, System Ungar. Waggon- und Maschinenfabrik.

Anzugkraft hat und keine Schaltung für die Geschwindigkeitsstufen benötigt. Der leichte Lokomotivzug erreichte 40 km/Std. Geschwindigkeit nach rund 60 Sekunden, der Triebwagenzug nach rund 120 Sekunden.

Die Gesamtkosten der verglichenen Züge je km für Beschaffung, Tilgung, Betrieb und Unterhaltung betragen beim Lokomotivzug 0,912 P/km*), beim Triebwagenzug 0,929 P/km.

Die z. T. errechneten und z. T. festgestellten Kosten je km halten sich bei beiden Betriebsmitteln so ziemlich das Gleichgewicht. Der geringe Unterschied von 0,929 P — 0,912 P = 0,017 P. berechtigt nicht zu einem Urteil zugunsten des einen oder des anderen Betriebsmittels, da er von den bei der Verzinsung, Amortisation und den Unterhaltungskosten gemachten Annahmen abhängt.

*) = Pengö, etwa 73 Rpf.

Bei stärkerem Verkehr, oder anderer Zugzusammensetzung wie oben zugrunde gelegt wurde, steigt die Wirtschaftlichkeit des Lokomotivbetriebes.

Erst auf Grund eines Dauerbetriebes von mehreren Jahren, der genügend Anhaltspunkte über die Lebensdauer und Unterhaltungskosten geben wird, kann ein sicheres Urteil über die verglichenen Betriebsmittel gegeben werden. Der Triebwagen ist ein jederzeit betriebsbereites Fahrzeug mit großem Fahrbereich, er ist aber den Schwankungen des Verkehrs und des Streckenprofils weniger gewachsen, als die Dampflokomotive und vermehrt als neue Fahrzeugart mit schon mehreren Abarten die Zahl der Typen der Betriebsmittel.

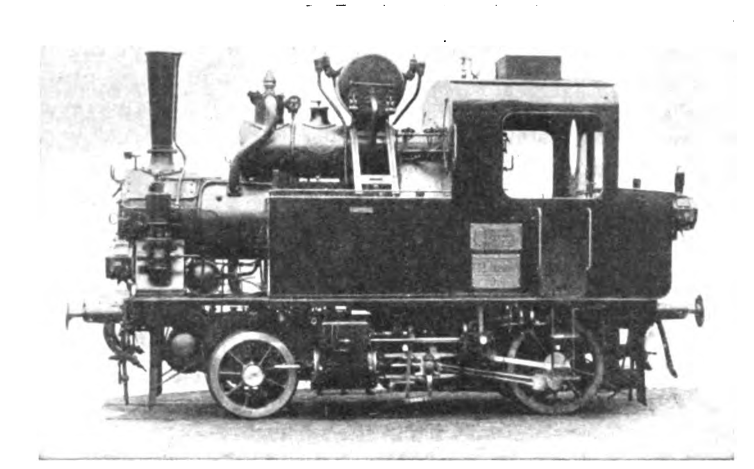


Abb. 10. Naßdampf-Verbund-Lokomotive Serie 11 der k. ung. Staatseisenbahnen.

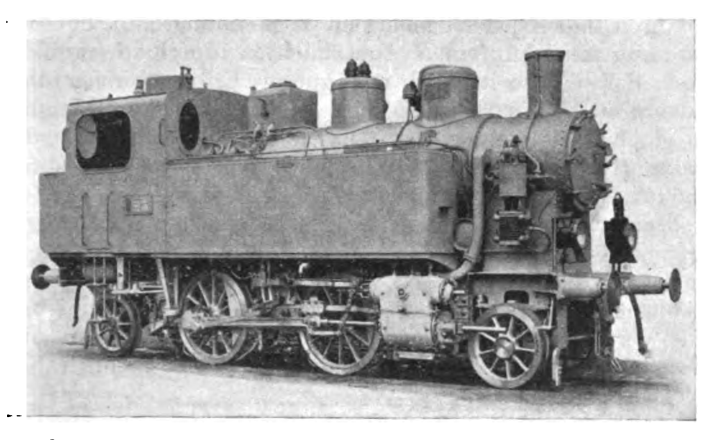


Abb. 11. Heißdampf-Zwillings-Lokomotive Serie 22 der k. ung. Staatseisenbahnen.

Die heimische Industrie arbeitet auch noch an der Entwicklung eines für Triebwagen bestimmten schnell laufenden Dieselmotors. Wird sich dieser betriebssicher und wirtschaftlich zeigen, so kann der Dieseltriebwagen mit der Kleindampflokomotive erfolgreich in Wettbewerb treten. Bis heute scheinen die schnell laufenden Dieselmotoren die Betriebssicherheit der schnell laufenden Benzin- bzw. Benzolmotoren noch nicht erreicht zu haben, wie dies die Erfahrungen mit den schon erwähnten Triebwagen mit M.A.N.- und Maybach-Dieselmotor gezeigt haben.

Vierachsige Triebwagen (von 2×75 bis 2×90 PS Leistung) werden für die Staatseisenbahnen derzeit nicht weiter gebaut. Wo der Verkehr solche ausnahmsweise benötigt und von den bereits beschafften vierachsigen Triebwagen keine zur Verfügung hat, werden Ganzsche Triebwagenzüge gekuppelt oder als einander folgende Zugteile abgelassen, oder aber es werden Lokomotiven der Serie 11 oder 22 eingesetzt.

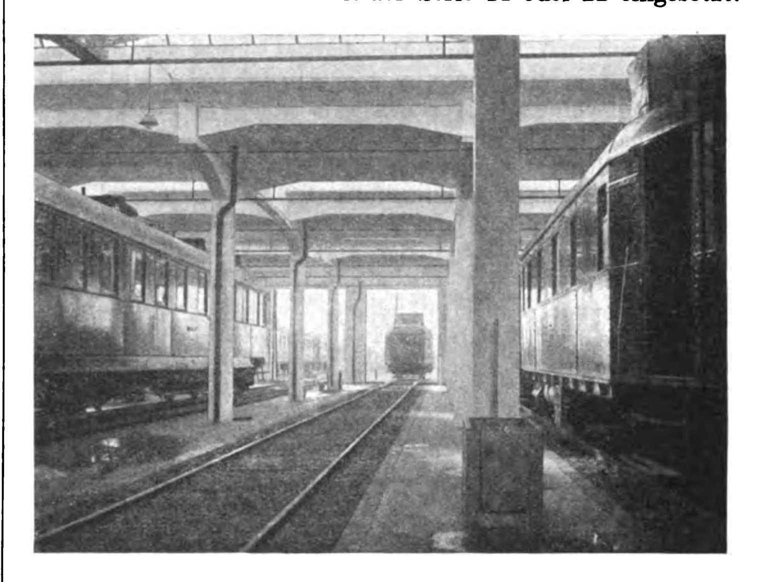


Abb. 12. Innenansicht des Triebwagenschuppens in Szentes.

Die Einführung des beschleunigten Personenverkehrs auf den Lokalbahnen durch den Betrieb von Triebwagenzügen und Kleindampflokomotivzügen an Stelle von gemischten Zügen hat eine rege Belebung des Reiseverkehrs ergeben. Die Zahl der Fahrgäste auf den Lokalbahnen ist im Jahresdurchschnitt in einzelnen Bezirken um 25 bis 30% gestiegen, wie z. B. im Bereiche der von Szentes ausgehenden Lokalbahnen, auf denen der gesamte Personenverkehr nur mit Triebwagen abgewickelt wird. In Szentes haben die Staatseisenbahnen einen besonderen, im Winter beheizbaren Triebwagenschuppen (Abb. 12) mit 18 Triebwagenständen, Nebenwerkstätte und Tankanlage errichtet.

Die Staatseisenbahnen hoffen durch ihre zur Verbesserung des Personenverkehrs auf den Lokalbahnen getroffenen Maßnahmen der Gefahr der Abwanderung der Reisenden auf die öffentlichen Kraftwagenlinien vorzubeugen, und ihn zu beleben. Diese Annahme haben die bisherigen Erfolge voll bestätigt.

Der Werkstättendienst bei den kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Von Oberinspektor **Rózsa**, Direktion der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Wie alle Eisenbahnwerkstätten, so haben auch die Werkstätten der k. ung. Staatseisenbahnen hauptsächlich die Aufgabe zu erfüllen, den Fahrzeugpark und die maschinentechnischen Anlagen der Staatsbahnen möglichst vollkommen und wirtschaftlich instandzuhalten und die damit zusammenhängenden Arbeiten planmäßig in kürzester Zeit zu verrichten.

Die Unterhaltungsarbeiten des Fahrzeugparkes zerfallen in zwei Hauptgruppen:

1. Großausbesserungen, die von den selbständigen Werkstätten ausgeführt werden: Lokomotivhauptuntersuchungen, die mit Kesselausbesserung und Wasserdruckprobe verbunden sind und Lokomotivhauptausbesserung, das ist laufende Lokomotivausbesserung größeren Ausmaßes, die gewöhnlich einen genaueren Wiederaufbau unter Ausmessen der Lokomotive erfordert.

Hauptrevision der Personen- und Gepäckwagen, Behebung großer Kastenschäden und Schäden im Anstrich.

Hauptrevision der Güterwagen. Laufende Ausbesserung größeren Ausmaßes an Wagen, Wiederherstellung beschädigter Wagen.

Herstellung von Ersatzteilen der Fahrzeuge für das Lager.

Größere Ausbesserungsarbeiten an Anlagen usw.

2. Kleinausbesserungen im Betriebe, die von den Filialwerkstätten ausgeführt werden.

Bei den k. ung. Staatseisenbahnen sind die selbständigen Werkstätten unmittelbar der Werkstättenabteilung der Direktion unterstellt, während die Filialwerkstätten der zuständigen Betriebsdirektion untergeordnet sind.

Die k. ung. Staatseisenbahnen haben sieben selbständige Werkstätten: Die nördliche Hauptwerkstätte in Budapest, die Istvánteleker Hauptwerkstätte in Rákospalota, die Wagenhauptwerkstätte in Dunakeszi und die selbständigen Werkstätten in Debrecen, Miskolc, Szolnok und Szombathely.

In den selbständigen Werkstätten werden rund 7000 Arbeiter und 400 Lehrlinge beschäftigt, unter der Leitung von 127 Ingenieuren und technischen Beamten und unter Mitwirkung von 251 Werkmeistern und 221 Angestellten des administrativen Dienstes.

Die Zahl der Filialwerkstätten beträgt 63, in ihnen sind zusammen rund 1600 Arbeiter unter der Leitung von 83 technischen und administrativen Beamten beschäftigt.

Die tägliche Arbeitszeit der Aufsichtorgane und Arbeiter beträgt 8 Stunden.

Die Arbeiter der selbständigen Werkstätten, ferner die Arbeiter von fünf Filialwerkstätten arbeiten im Stücklohn, während die Arbeiter der übrigen Werkstätten im Stundenlohn arbeiten.

Sowohl die selbständigen Werkstätten, als auch die Filialwerkstätten arbeiten nach einem genehmigten Voranschlag, der nach der für sie vorgesehenen Leistung aufgestellt wird. Die regelmäßige Verwendung der Kredite und die technisch vollkommene und wirtschaftliche Ausführung der Arbeiten ist die Hauptaufgabe der Werkstättenleitungen. Alle Werkstätten haben über die Verwendung der ihnen zugewiesenen Kredite Aufzeichnungen zu führen und strenge Kontrolle zu üben. Die Werkstättenvorstände sind disziplinarisch dafür verantwortlich, daß sie die Genehmigung zu außerordentlichen, unbedingt notwendigen Ausgaben, die in dem ihnen zugewiesenen Haushalt nicht vorgesehen sind, womöglich noch vor Anfang der fraglichen Arbeiten erwirken.

Die Wirtschaftlichkeit der Werkstättenarbeit ist bei den k. ung. Staatseisenbahnen organisatorisch gesichert. Die Feststellung des Ausmaßes der vorzunehmenden Ausbesserung und die Art der Ausführung ist in allen Werkstätten gleichmäßig geregelt.

Die an den Fahrzeugen auszuführenden Ausbesserungen werden in allen Werkstätten von besonders dazu bestimmten Ingenieuren ausführlich vorgeschrieben. Zur Kontrolle werden die Kosten der Fahrzeugausbesserungen in den Werkstätten nach den einzelnen Fahrzeugbestandteilen gesondert verzeichnet. Bei den Lokomotiven werden die Ausbesserungskosten für Kessel, Armaturen, Triebwerk, Verschalung, Tender, ferner die Aufbaukosten usw., bei den Personen- und Gepäckwagen die Kosten der Arbeiten am Untergestell, Wagenkasten, an der Bremse, Heizung, Beleuchtung, die Kosten der Tischler-, Lackier- und Tapeziererarbeit usw.; bei den Güterwagen die Kosten der Arbeiten am Untergestell, Wagenkasten, die Kosten der Schlosser- und Spengler-, die Anstreich- und Beschriftungsarbeiten usw. gesondert verrechnet.

Mit gleicher Genauigkeit werden von den Werkstätten die Einheitskostenausweise der Fahrzeugausbesserungen nach den einzelnen Fahrzeuggattungen gesondert und nach Material- und Lohnkosten getrennt geführt. Diese für jede Fahrzeuggattung gesondert festgestellten Aufwendungen erleichtern die Kontrolle der Ausgaben und deren Vergleich mit den Kosten anderer Werkstätten. Diese nach Fahrzeuggattung und Ausbesserungsart zusammengestellten Ausweise sind auch geeignet, die einheitliche Ausbesserungsaufnahme in den einzelnen Werkstätten zu sichern. Die Ersatzteilherstellung ist unter den Werkstätten entsprechend verteilt; eine genaue Vor- und Nachkalkulation ist überall eingeführt, ihre Ergebnisse werden in Karteiform zentral gesammelt.

Die gleichmäßige und möglichst schnelle Ausführung der Fahrzeugausbesserungen ist durch das Ausbesserungssystem gesichert. Sowohl bei den Lokomotiv-, als auch bei den Wagenausbesserungen befolgen die Werkstätten ein System, bei welchem die Arbeiten gleicher Art auch in örtlichem Sinne in gesonderten Arbeitsabschnitten ausgeführt werden und bei welchem durch den zwangsmäßigen Lauf der Arbeitsstücke die Beendigung der Ausbesserung des Fahrzeuges zum festgesetzten Zeitpunkt gesichert ist. Der schnellen Ausführung der Arbeiten ist die Sparsamkeit, die man bei der Erneuerung der Einrichtungen, vor allem der Werkzeugmaschinen walten lassen mußte, einigermaßen hinderlich. Austauschbau ist nur vereinzelt eingeführt. Neuzeitliche Ausbesserungsverfahren finden jedoch mehrfach Verwendung. So die Ausbesserung der kupfernen Feuerbüchsen durch Schweißen. Diese Schweißarbeit wird mit gutem Erfolg durchgeführt und ergibt 18 bis 20 kg Zerreißfestigkeit und 9% Dehnung des geschweißten Materials. Die Stutzen der Heizrohre der Lokomotiven werden bereits durchweg von Weicheisenrohren genommen. Das Lackieren der Wagen wird in nächster Zeit im Spritzverfahren erfolgen. Ausgedehnte Versuche zur wirtschaftlichen Lösung der Lagermetallfrage sind im Gange. Die Dächer der Güterwagen werden in der nächsten Zukunft mit bituminösem Leinen überzogen werden. Zur Beschleunigung und Verbilligung des Materialtransportes verwenden die Werkstätten Elektrokarren, für die besondere Betonstraßen angelegt wurden.

Im Zusammenhang mit diesem allgemeinen Bericht über den Werkstättendienst bei den k. ung. Staatseisenbahnen seien noch die sozialen und Arbeiter-Wohlfahrtseinrichtungen erwähnt, in erster Linie die körperliche Ausbildung und die Sportpflege. Jede Werkstätte verfügt über gut eingerichtete Sportplätze, eine Werkstätte sogar über ein Bad für Wettschwimmen. Die Arbeiter pflegen jede Art von Sport, mit großer Vorliebe im weiten Kreise auch den Rudersport. Die Lehrlinge sind in Pfadfinderabteilungen organisiert.

Der Hebung der geistigen Bildung der Arbeiter dienen die Kulturvereine der Werkstätten. Jede Werkstätte hat ein Bildungs- und Erholungsheim. In diesem werden Konzerte, Liebhabertheatervorstellungen, Kinovorstellungen, wissenschaftliche und Unterrichtsvorträge gehalten. Bibliothek, Lesezimmer, Schach, Billard usw. stehen den Mitgliedern ständig zur Verfügung und werden von den Arbeitern mit großer Liebe in Anspruch genommen. Sowohl die Sport- als auch die Kulturvereine werden von der Direktion der k. ung. Staatseisenbahnen ständig weitgehend unterstützt.

Arbeitsorganisation und Stückzeit-Entlohnung in den Werkstätten der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Von Abteilungsvorstand Ing. **Gyenes**, Direktion der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Die k. ung. Staatseisenbahnen betrieben vor dem Kriege 15 selbständige Werkstätten; zwei von diesen waren die Hauptwerkstätten in Budapest, die übrigen lagen in der Provinz. Elf Werkstätten sind ursprünglich von Privateisenbahn-Gesellschaften gegründet worden und sind infolge Verstaatlichung dieser Gesellschaften allmählich in den Besitz



der k. ung. Staatseisenbahnen übergegangen. Die letztgenannten Werkstätten waren nach verschiedenartigen Gesichtspunkten angelegt und mußten im Laufe der Zeit weitgehend vereinheitlicht, neuzeitlich umgestellt und umgebaut werden.

Durch die Übernahme der Fahrzeuge der verschiedenen Eisenbahngesellschaften war der Fahrpark der Staatsbahnen sehr mannigfach und bestand aus sehr vielen Typen. Dies erschwerte natürlich überaus die wirtschaftliche Organisation der Werkstättenarbeit. In allen Werkstätten war früher Stücklohn eingeführt. Die Stücklöhne waren den damaligen Verhältnissen entsprechend nur geschätzt und in Geldwert festgestellt.

Zum Verständnis der weiteren Ausführungen soll betont werden, daß die Stückpreislisten, dem verschiedenen Ursprunge des Fahrzeugparkes und der Mannigfaltigkeit der Fahrzeugtypen entsprechend in jeder Werkstätte nach anderen Grundsätzen zusammengestellt waren. Die Zusammenfassung und die Bezeichnung der Arbeiten, die Benennung der Arbeitsstücke war in fast jeder Werkstätte anders. Infolge der Mannigfaltigkeit der Fahrzeuge waren die Preislisten sehr umfangreich und schwer zu handhaben. Unter solchen Umständen war ein Vergleich der Wirtschaftlichkeit der Arbeit in den einzelnen Werkstätten kaum möglich. Dieser Zustand dauerte bis zum Jahre 1913, von welchem Zeitpunkte an unter der Einwirkung der immer mehr in den Vordergrund tretenden wirtschaftlichen Bestrebungen und im Zusammenhange mit der neuzeitlichen Gestaltung der Werkstättenarbeit die systematische Umarbeitung und Vereinheitlichung der Stückpreislisten in Angriff genommen wurde.

Im Jahre 1914 unterbrach der Weltkrieg diese Arbeiten.

Die Verschlechterung der ungarischen Kronenwährung in den Nachkriegsjahren zwang die k. ung. Staatseisenbahnen, die alten Stückpreise mit von Zeit zu Zeit wachsenden Indexziffern zu multiplizieren, die nach den einzelnen Arbeitsgattungen verschieden gewählt wurden; diese Indexziffern verursachten weitere Fehler in dem Lohnsystem.

Dieses System war auf die Dauer nicht aufrecht zu erhalten, einerseits weil die sich hierbei ergebenden Stückpreise nicht im richtigen Verhältnisse zur Arbeitsleistung standen, andererseits weil die administrativen Arbeiten hierbei sehr umfangreich waren.

Die nach dem Kriege überall sich ergebenden wirtschaftlichen Schwierigkeiten machten die Rationalisierung der Werkstätten, d. h. die Umstellung der Arbeitsverfahren und die Neubearbeitung der Stückpreislisten unvermeidlich.

Nach dem Weltkriege verblieben in Rumpf-Ungarn sechs selbständige Werkstätten.

In der nördlichen Hauptwerkstätte (Északi fömühely) fiel im August 1922 unsere größte Personenwagenwerkstätte einer Feuersbrunst zum Opfer. Da es wegen Platzmangels nicht empfehlenswert war, die Wagenwerkstätte dort wieder aufzubauen, wurde als Ersatz in der Nähe von Budapest eine neue Personenwagenhauptwerkstätte errichtet und im Mai 1926 dem Betriebe übergeben. Es war daher die Arbeitsorganisation in sieben Werkstätten durchzuführen.

Diese Arbeitsorganisation nahm im Frühjahre 1924 ihren Anfang. Gleichzeitig ist die Aufstellung der neuen Stückpreislisten in Angriff genommen worden, deren Grundlage der Zeitaufwand bildet. Das Ziel dieser Arbeiten war, einheitliche Arbeitsweise einzuführen und für alle Werkstätten gültige Stückzeitlisten aufzustellen.

Für jede Art der Werkstättenarbeit wurde eine besondere Organisations- und Zeitaufnahmekommission eingesetzt, bestehend aus Ingenieuren und Werkführern, die die Arbeiten am besten beherrschten. Diese Kommissionen haben ihre Arbeit schrittweise begonnen. Die bestimmten Aufgaben wurden ihnen von der Direktion zugewiesen. Die durchgeführten Organisations- und Zeitaufnahmearbeiten sollten allgemeine Gültigkeit für sämtliche Werkstätten haben.

Als Beispiel für die Lösung dieser Aufgabe soll die Kesselarmatur erwähnt werden; die für diese Spezialarbeit eingesetzte Kommission erledigte in jener Werkstätte, wo sie eingesetzt wurde, vollständig die Organisation der Armaturenarbeit, d. h. folgende Aufgaben: Untersuchung des Arbeitsganges der Armaturausbesserung, Erforschung und Feststellung der besten und wirtschaftlichsten Arbeitsweise, vorteilhafteste Aufstellung der Werkzeugmaschinen, Handhabung der Arbeitsstücke während der Arbeit, Reihenfolge der einzelnen Arbeitsgänge und die gewissenhafteste Art der Arbeitsprüfung, endlich die Zeitaufnahmen der einzelnen Arbeiten laut strengstem Taylorsystem.

Nach Beendigung dieser Arbeit und Verwertung des gewonnenen Materials werden die gleichen Aufnahmen von dieser Kommission in den anderen Werkstätten durchgeführt. Natürlich gehen die Aufnahmen hier schon viel rascher, da die nötigen Vorarbeiten schon zur Verfügung stehen. Wenn in einer Werkstätte die Bedingungen für die Durchführung der Arbeiten die gleichen sind, so werden für diese Werkstätte die bisher festgestellten Arbeitsweisen und die bereits gemachten Zeitaufnahmen unverändert vorgeschrieben. Wenn jedoch infolge Verschiedenheit der Werkstätteneinrichtung oder aus sonstigen Gründen andere Arbeitsbedingungen vorliegen, so werden für die betreffenden Arbeiten und Werkstätten neue Arbeitsstudien und Zeitaufnahmen gemacht. Dies ist jedoch nur selten nötig.

Von diesen einzelnen Ausnahmen abgesehen aber ist es möglich, bei der als Beispiel angenommenen Armaturenausbesserung wie bei jeder anderen Gruppe von Arbeiten für sämtliche Werkstätten einheitliche Arbeitsverfahren und einheitliche Stückzeiten festzustellen.

Heute stehen schon praktische Ergebnisse zur Verfügung, die bestätigen, daß das gewählte Prinzip richtig und leicht durchführbar ist und daß mit diesem Vorgehen bei der Rationalisierung gute wirtschaftliche Erfolge zu erreichen sind.

Mit Rücksicht auf den großen Umfang dieser Organisationsarbeit sind im Jahre 1924 die Vorarbeiten und die Zeitaufnahmen für die Hälfte sämtlicher Arbeitsgruppen in Angriff genommen worden. Dem Fortschreiten der Arbeitsorganisation und der Fertigstellung der Stückpreislisten entsprechend sind die Ergebnisse der Organisationsarbeiten nach entsprechender Überprüfung in der Reihenfolge der Fertigstellung der Unterlagen praktisch eingeführt worden.

Die Einzelheiten der Arbeitsorganisation und der Zeitaufnahmen erhellen aus nachfolgenden Erläuterungen.

Die Kommission, die zur Feststellung der Stückzeiten einer Gruppe von Arbeiten eingesetzt wurde, beschäftigt sich in erster Reihe mit dem ausführlichen und eingehenden Studium des bisherigen Arbeitsganges der betreffenden Arbeiten. Vor Feststellung der nötigen Arbeitszeit wird, bei Berücksichtigung der vorhandenen Einrichtung und des heutigen Standes der Technik, die einfachste und wirtschaftlichste Arbeitsweise für jedes Arbeitsstück erforscht, zugleich aber wird auch festgestellt, ob die Gestaltung des Arbeitsstückes die zweckmäßigste ist und ob das dazu verwendete Material das zweckentsprechendste ist. Bei dieser Gelegenheit werden auch die nötigen Unterlagen für die Vervollkommnung der Einrichtungen gesammelt.

Wenn auf Grund der Arbeitsstudien die günstigsten Bedingungen für die Bearbeitung eines Arbeitsstückes festgestellt und verwirklicht sind, folgt die gerechte und sachgemäße Feststellung der zur Herstellung des Arbeitsstückes notwendigen Zeiten, wobei jede Teilarbeit einzeln genommen wird.

Die Zerlegung der zur Herstellung oder zum Aufbau eines Arbeitsstückes notwendigen Gesamtzeit führte zur folgenden Gliederung der Zeit.

1. Die unmittelbare Arbeitszeit.
2. Die Stückverlustzeit, die in
   a) ständige und
   b) veränderliche zerfällt.
3. Persönliche und sonstige Stückverlustzeit.

1. Die wirkliche Arbeitszeit ist jene Zeit, die zur tatsächlichen Bearbeitung oder zum Aufbau des Arbeitsstückes notwendig ist.

2. Die im Sinne des Wortes streng genommene Stückverlustzeit ist die für Hilfsarbeiten notwendige Zeit, die der unmittelbaren Bearbeitung oder dem Aufbau des Arbeitsstückes vorangehen oder nachfolgen, wie z. B. die Vorbereitung der Drehbank, das Aufschrauben der Spannvorrichtung, das Aufstellen und Entfernen von Gerüsten bei einer Montage. Diese Arbeiten und Verrichtungen verursachen zwar an dem Arbeitsstück keine Veränderung, aber ohne sie kann die eigentliche Arbeit nicht begonnen und nicht ausgeführt werden.

a) Jene Verlustzeit, welche bei jedem Arbeitsstück vorkommt, sich so oft wiederholt, als das Arbeitsstück hergestellt wird, bildet die ständige Stückverlustzeit, wie z. B. Ein- und Ausspannen des Arbeitsstückes.

b) Die veränderliche Stückverlustzeit ist jene Zeit, welche bei der Fertigstellung einer Reihe von gleichen Arbeitsstücken selten oder nur einmal vorkommt, z. B. Einstellen des Hubes einer Hobelmaschine.

3. Diejenigen Stückverlustzeiten, welche in die oben angeführten zwei Gruppen nicht einzureihen sind (z. B. Vorbereitung der Werkzeuge bei einem Schlosser, die Beseitigung kleinerer Mängel an den Werkzeugen, Fassen des Materials usw.) sowie die zur Erledigung von persönlichen Bedürfnissen und Obliegenheiten notwendigen Zeiten (z. B. Wechsel der Kleidung, Reinigung, Essen, Übernahme von Instruktionen, zeitweises Rasten usw.) bilden die persönlichen und sonstigen Stückverlustzeiten.

Die Feststellung dieser Zeiten, die mit nicht unmittelbar nützlichen Arbeiten ausgefüllt sind, geschieht indem die einzelnen Arbeiten während eines längeren Zeitabschnittes hindurch eingehend beobachtet werden. Sie sind bei Bewertung der Arbeit in Prozenten der unter 1. und 2. genannten Zeiten ausgedrückt und bilden die Grundlage der weiteren Rechnung.

Das Ergebnis der bisherigen Ermittlungen und der bei jedem Arbeitsstücke wiederholt beobachteten Vorkommnisse, die beste Art der Bearbeitung, alle Einzelheiten des angenommenen richtigen Arbeitsganges, sowie die ermittelte Zeit werden auf das genaueste, mit Benutzung entsprechender Formblätter schriftlich niedergelegt und durch kleine, erklärende Zeichnungen ergänzt.

Die Summe der unter 1., 2. und 3. angeführten Teilzeiten bildet, ohne weitere Korrektion, die zur Fertigstellung eines Arbeitsstückes notwendige Gesamtzeit, welche die Grundlage des Arbeitslohnes gibt.

Wenn in einer Gruppe von Arbeitern die Zeiten für sämtliche Arbeiten festgestellt sind, wird die Zusammenstellung durch die Werkstättenabteilung der Direktion überprüft, wenn nötig, berichtigt und zur Einführung genehmigt.

Die genehmigten Stückzeitlisten, die neue Arbeitseinteilung und Arbeitsausführung wird vorerst in jener Werkstätte eingeführt, bei der die Arbeitsstudien und die Feststellung der Stückzeiten erfolgten.

Nach Einführung in der ersten Werkstätte wird unter Verwertung der dort gewonnenen Erfahrungen die Verrechnung der betreffenden Arbeiten nach dem Stückzeitverfahren stufenweise auch in den anderen Werkstätten eingeführt.

Dieses Verfahren hat überall ohne jedwede Schwierigkeit die besten Ergebnisse gezeitigt. Gegenwärtig arbeitet nach der neuen Organisation schon ein Drittel der in den Werkstätten der k. ung. Staatseisenbahnen beschäftigten Stückarbeiter und wird nach den neuen Stückzeitlisten entlohnt.

Die weitere Einführung ist stetig im Gange.

Die neuen einheitlichen Stückzeitlisten der k. ung. Staatseisenbahnen werden 45 bis 50000 Vorträge enthalten. Bis Ende 1928 waren ungefähr 24000 Arbeiten aufgenommen.

Technische Einrichtung und Arbeitsverfahren der Hauptwerkstätte in Dunakeszi.

Von Oberinspektor Ingenieur **Beöthy** und Oberingenieur **Diener**, Direktion der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Hierzu Tafel 23.

Die Entstehung, die bautechnischen Grundlagen und die Wohlfahrtseinrichtungen der Wagenreparaturhauptwerkstätte in Dunakeszi sind an anderer Stelle dieses Heftes dargestellt. An dieser Stelle soll ein Bild über die maschinentechnische Einrichtung und das Arbeitsverfahren dieser neuesten Hauptwerkstätte der kön. ung. Staatsbahnen gegeben werden.

Aus dem Übersichtsplan (s. Abb. 1, Taf. 23) geht hervor, daß die Wagen in die Werkstätte über eine Schiebebühne eingebracht werden und daß der überwiegende Teil der Ausbesserungsarbeiten in der großen Wagenaufbauhalle von 28000 m² Grundfläche vorgenommen wird.

Die versenkte Schiebebühne von 22 m Nutzlänge und von 60 t Tragkraft ist von der Maschinenfabrik Josef Vögele in Mannheim geliefert worden, sie hat eine Geschwindigkeit von 90 m in der Minute. Sie ist zur gleichzeitigen Aufnahme eines großen Pullmanwagens und einer elektrischen Verschiebelokomotive geeignet.

Am Südende der Schiebebühnengrube erstreckt sich die Gleisgruppe für die Untergestellausbesserung. Vorläufig sind hier zwei Satz Hebeböcke aufgestellt; der eine mit hydraulischer Hebevorrichtung, der andere nach System Kutruff mit elektrischem Antrieb.

Die Drehgestelle der gehobenen Wagen gelangen in die Sonderabteilung hierfür, welche unmittelbar neben den Hebeböcken eingerichtet ist. Der Transport der Drehgestelle, sowie das Aus- und Einbinden ihrer Achsen geschieht mittels eines Laufkrans von 15 m Spannweite und 6 t Tragkraft. Die aus den Drehgestellen und aus den zwei und dreiachsigen Wagen ausgebundenen Räderpaare werden in die Dreherei befördert, die in der nächsten Halle von 7,5 m Spannweite untergebracht ist und zu deren Bedienung zwei Laufkräne von 3,5 und 2 t Tragkraft dienen. In der Räderdreherei sind zwei Radsatzdrehbänke von Collet und Engelhardt, eine von der Vulkanfabrik in Budapest, sowie zwei Achsschenkeldrehbänke aufgestellt. Der Weg eines Räderpaares nach dem Ausbinden bis zur Drehbank beträgt kaum 50 m.

In der nächsten Halle auf der südlichen Front sind die Dreherei, die Ausgießerei und die Werkzeuginstandsetzungswerkstätte untergebracht. Die größeren Maschinen der Dreherei sind unmittelbar elektrisch angetrieben, die kleineren haben Gruppenantrieb. Einzelne Metallbearbeitungsmaschinen sind auf der anderen, nördlichen Seite der Schiebebühnegrube aufgestellt um den Transportweg der Arbeitsstücke möglichst zu verkürzen.



Die Aufstellung der einzelnen Maschinen ist aus der Abb. 2, Taf. 23 ersichtlich. Zwischen ihnen ist genügend Raum vorhanden, so daß die zur Bedienung der Maschinen angeschafften Elektrokarren anstandslos verkehren können. Sie verrichten auf Betonwegen den Transportdienst der Materialien und Arbeitsstücke zwischen den Aufbauständen der Schmiede und den Materiallagern.

Die Hauptabmessungen der Schmiede und der Federwerkstatt (s. auch Abb. 1, Taf. 23) sind schon für eine größere Erweiterung des Wagenbaues vorgesehen. In der Schmiede stehen drei Lufthämmer von 350, 150 und 100 kg Bärgewicht und sechs Doppelherde und ein Rundherd zur Verfügung. In der Federwerkstatt werden die fertigen Tragfedern auf einer Versuchsmaschine erprobt.

Die am Nordende der Schiebebühnegrube befindlichen Lackierer-, Tapezierer-, Tischler-, Holzarbeitungs- und Schlosserwerkstätten sind mit Dampfheizung versehen. Infolge der großen Ausdehnung der Wagenrichthalle sind hier einstweilen nur einfache Öfen aufgestellt.

Das Wasser liefern zwei wasserreiche Brunnen, in denen zwei Turbopumpen von 70 bzw. 90 m^3 stündlicher Leistung untergebracht sind, die das Wasser in einen Hochbehälter von 35 m Höhe und 500 m^3 Inhalt drücken. Diese Wasserstation versieht gleichzeitig mit einem Hauptrohre von 300 mm innerem Durchmesser die Arbeitersiedelung mit vorzüglichem Trinkwasser.

Die Hauptwerkstätte hat vorläufig noch keine Räderwerkstatt. Die Räderpaare werden durch einen Kran (i) in Wagen verladen nach der in der Nähe befindlichen Hauptwerkstätte Istvántelek gesandt. Dies ist nur ein vorübergehender Zustand, denn die nötige maschinelle Einrichtung soll in nächster Zeit in der Schmiede geschaffen werden.

Die Werkstätte wird von der Hauptwerkstätte Istvántelek mit hochgespanntem Drehstrome von 17000 V mittels eines Kabels von 3×16 mm^2 Querschnitt versorgt; er wird auf die Gebrauchsspannung von 250 V umgeformt.

Die Leistung und das Arbeitsverfahren der Hauptwerkstätte in Dunakeszi wird nachfolgend kurz geschildert:

In der Werkstätte werden die Hauptrevisionen sämtlicher vierachsiger Personen-, Dienst- und Postwagen der kön. ung. Staatseisenbahnen durchgeführt und solange die Zahl der vierachsigen Wagen nicht jene Höhe erreicht, mit der die Leistungsfähigkeit der Hauptwerkstätte ausgenützt ist, wird die fehlende Arbeitsmenge durch Hauptrevisionen zwei- und dreiachsiger Wagen ergänzt.

Die jährliche Leistung beträgt gegenwärtig 1150 Hauptrevisionen vierachsiger Wagen, darunter 60 solche, die mit großer Kastenreparatur und gänzlicher Neulackierung verbunden sind, außerdem rund 700 Hauptrevisionen zwei- und dreiachsiger Wagen, darunter 50 Wagen mit großer Kastenreparatur und Neulackierung.

Vor dem Eintritt in die Werkstätte werden die Wagen auf den Gleisen der östlichen Seite gründlich gereinigt. Ebenda geschieht das Umfüllen des Leuchtgases aus den Behältern der Wagen in einen Gasbehälter mittels Gaspumpe (n und o Abb. 1). Die vierachsigen Wagen werden dann in die Werkstätte auf dem Gleis XXIX, die zwei- und dreiachsigen Wagen auf dem Gleis XXX (Abb. 2, Taf. 23) mittels der Schiebebühne eingeführt.

Der Arbeitsgang ist folgender:

1. Die Hauptrevisionen mit großer Kastenreparatur aber ohne Lackierung.

Abbau und Vorbereitung des Kastens zum Hochheben. Dies erfolgt bei vierachsigen Wagen auf dem Gleis XXXI (Abb. 2, Taf. 23), bei zwei- und dreiachsigen Wagen auf dem Gleis XXXV. Die vierachsigen Wagen werden auf dem Gleis XXXII durch den elektrischen Hebebock, die zwei- und dreiachsigen Wagen mittels des hydraulischen Hebebockes auf dem Gleis XXXIV gehoben. Hier geschieht außerdem der Austausch der Drehgestelle und Räderpaare, die Ausbesserung der Tragfedern, der Zug- und Stoßvorrichtung und jener Bestandteile der durchgehenden Bremse und Dampfheizung, die an dem Untergestelle angebracht sind, und zuletzt das Einbinden.

Die eingebundenen Wagen werden in die Abteilung der Kastenreparatur auf eines der Gleise der Gruppe XXXVI bis XL umgestellt, vorher aber wird auf den Gleisen LXIX oder LXX die Innenbekleidung entfernt und in die Tapeziererwerkstätte befördert (ein Arbeitstag).

Das Abwaschen des Kastens bei vierachsigen Wagen erfolgt auf den Gleisen LIII bis LX, bei zwei und dreiachsigen Wagen auf den Gleisen LXI bis LXVIII (ein Arbeitstag).

Die Schlosserarbeiten an den Kasten, die Tischler-, Tapezierer-, Monteur- und Anstreicherarbeiten, sowie das Umstellen auf die äußeren Ausgangsgleise werden auf den Gleisen LI und LII (drei Arbeitstage) ausgeführt. Das Anbringen der Bremse und der Dampfheizung, sowie die Einreihung in den Probezug erfordert einen Arbeitstag.

Eine einfache Hauptrevision benötigt demnach sechs Arbeitstage.

2. Hauptrevisionen mit großer Kasten- und Verschalungsausbesserung und Lackierung.

Erster Arbeitstag verläuft wie bei 1.

Daran schließt sich die Umstellung in die Kastenreparaturabteilung (Gleise LXV bis LXVIII), wo die Tischler- (14 Arbeitstage) und die Blechverschalungsarbeiten (12 Arbeitstage) ausgeführt werden. Die Lackierung des Wagens in der Lackierabteilung dauert 24 Arbeitstage. In der Richtabteilung (LXI bis LXIV) werden die Tapezierer-, Tischler-, Schlosser- und Aufbauarbeiten vorgenommen (vier Arbeitstage); dann erfolgt auf den Ausgangsgleisen (LI bis LII) die Probe der Dampfheizung und der Bremse, endlich nach Überprüfung des Wagens die Einreihung in den Probezug (ein Arbeitstag).

Die Arbeitsdauer einer Hauptrevision, die mit großer Kastenausbesserung und Neulackierung verbunden ist, beträgt hiernach gegenwärtig 56 Arbeitstage.

Die einzelnen Teilwerkstätten, wie die Schlosserei (t_2), die Spenglerei (t_3), die Schlosserabteilung für Dampfheizung und Bremse (t_4), die Holzbearbeitungwerkstätte (t_5), die Tischlerei (t_6), die Tapeziererwerkstätte (t_7), sind in der Nähe der einzelnen Aufbauabteilungen so angelegt, daß die Zeitverluste durch Förderarbeiten möglichst vermindert sind.

Um die Ausbesserungsdauer der Wagen noch mehr zu verringern, sind weitere eingehende Erforschungen der einzelnen Arbeitsverfahren im Gange.

Die Ausbildung der Werkstattlehrlinge.

Von Oberinspektor Fischer, Direktion der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Die k. ung. Staatsbahnen haben, geleitet von dem Gedanken, daß der beste Nachwuchs seines Arbeiterstandes aus der Reihe der selbsterzogenen Lehrlinge hervorgeht, schon im Jahre 1894 in vier Werkstätten Lehrlingsschulen eingerichtet.

Der Erfolg, den die Staatseisenbahnen seiner Zeit mit ihren selbstherangebildeten Handwerkern erzielten, führte dazu, daß in allen selbständigen Werkstätten Werkschulen errichtet wurden. In den Kriegsjahren wurden, in Anbetracht der großen Abgänge und Verluste, sogar in den größeren Heizhäusern, denen Ausbesserungswerkstätten angegliedert sind, Lehrlingsschulen errichtet.

Als Endergebnis der steten Förderung des Lehrlings-



wesens belief sich die Zahl der Lehrlingsschulen Ende 1918 auf 32, wobei die Zahl der Lehrlinge auf 2200 anwuchs.

Nach dem ursprünglichen Plan sollte die Zahl der in den Eisenbahnwerkstätten heranzubildenden Lehrlinge auf 3800 erhöht werden, wodurch jährlich 800 bis 850 ausgebildete Arbeiter in den Dienst der k. ung. Staatsbahnen gekommen oder der ungarischen Industrie übergeben worden wären.

Die Eisenbahnwerkstätten der ungarischen Staatsbahnen haben mehrere hundert geschulte Arbeiter der ungarischen Privatindustrie herangebildet, denn der Lehrvertrag, welcher mit den Lehrlingen abgeschlossen wird, verpflichtet weder die Staatsbahnen, den Lehrling nach seiner Ausbildung im Eisenbahndienste zu behalten, noch den Lehrling, im Dienste der Eisenbahnen zu verbleiben.

Die praktische und theoretische Ausbildung der Lehrlinge erfordert ein planmäßiges Vorgehen. Die Werkschule trachtet hierbei die Ausbildung den Sonderbedürfnissen der Eisenbahnen anzupassen. Die Erfahrung lehrte, daß die aus den Lehrlingswerkstätten hervorgegangenen Arbeiter zum Dienste geeigneter sind, als jene, die aus dem Handwerk und dem Kleingewerbe stammen. Bei den Staatsbahnen geschieht die theoretische und praktische Ausbildung nämlich planmäßig, in jeder Werkschule wirkt hauptamtlich ein Lehrer, der in allen jenen Gegenständen unterrichtet, die nicht technischer Natur sind, während die technischen Gegenstände von Ingenieuren der Werkstätte vorgetragen werden.

Die praktische Ausbildung geschieht in abgesonderten Lehrwerkstätten, unter Aufsicht und Anweisung von Meistern, die aus den besseren Arbeitern ausgewählt wurden und als Lehrmeister sich besonders eigneten.

Die grossen Pläne, das Lehrlingswesen für eine Zahl von 3800 Lehrlingen auszugestalten, scheiterten infolge des grossen Zusammenbruchs im Jahre 1918. Die Lage verschlimmerte sich nach Kriegsende derart, daß auf dem Gebiete Rumpf-Ungarns, entsprechend der Verkürzung der Eisenbahnlinien, die Zahl der Lehrlinge beträchtlich verringert werden mußte.

Derzeit sind im Bereiche der ungarischen Staatsbahnen nur sieben Lehrlingswerkstätten tätig, die Zahl der Lehrlinge ist auf 450 zusammengeschrumpft. Wenn auch das Lehrlingswesen derzeit nur in einem viel engeren Rahmen zusammengefaßt ist, so geschieht die Heranbildung dennoch mit nicht geringerer Sorgfalt.

Der Unterricht weist drei Richtungen auf:

1. theoretische
2. praktische
3. körperliche Ausbildung.

Den Rahmen und das Maß des theoretischen Unterrichtes veranschaulicht der nebenstehende Lehrplan der Lehrlingsschulen.

Außerdem hält ein Fortbildungsverein im Rahmen des Schulunterrichts alle drei Wochen eine Veranstaltung.

Was den praktischen Unterricht anbelangt, so wird die größte Zahl von Lehrlingen zu Schlossern herangebildet, die jedoch auch im Drehen und im Schmieden unterrichtet werden.

Gegenstand	Wöchentliche Zahl der Stunden I. Klasse	II.	III.	IV.
1. Religionsunterricht	1	1	1	1
2. Ungarische Sprachlehre, Literatur	1	1/2	1/2	1
3. Geographie und Geschichte	1	1/2	1/2	—
4. Rechnen und Geometrie	2	1	—	—
5. Physik	2	—	—	—
Chemie	—	1	—	—
6. Verfassungslehre	—	—	—	1/2
7. Volkswirtschaftslehre	—	—	—	1/2
8. Buchführung	—	1	1	1
9. Freihandzeichnen	2	—	—	—
geometrisches Zeichnen	2	—	—	—
10. Fachzeichnen	—	4	4	4
11. Technologie	—	—	1	1
12. Maschinenkunde	—	1	1	1
13. Elektrotechnik	—	—	2	2
14. Gesundheitslehre	—	1	—	—
15. Turnen	wöchentlich 4 Stunden.			

In zwei Werkstätten werden Tischlerlehrlinge, in einer Spengler ausgebildet. — Die einseitige Ausbildung wird dadurch vermieden, daß von den ersten drei Monaten abgesehen, der Lehrling nur an solchen Arbeitsstücken arbeitet, die in größeren Mengen für den Eisenbahnbetrieb in den Lehrlingswerkstätten bestellt werden. Um das Verständnis für die Werkzeugmaschinen besser zu gestalten, werden in der Lehrlingswerkstätte häufig Werkzeugmaschinen, ferner Einrichtungen von Stationen ausgebessert.

Am Ende jedes Jahres findet eine praktische Prüfung statt, zu welcher eine Prüfungskommission beordert wird. Mitglieder dieser Kommission sind Lehrlingsmeister der anderen Eisenbahnwerkstätten. Jede Prüfungsarbeit wird sorgfältig beurteilt, die Prüfungen bilden eine Anfeuerung nicht nur für die Lehrlinge, sondern auch für die Meister, die vor ihren Kollegen den Wert ihres Unterrichtes mit guten Erfolgen beweisen wollen.

Verschiedene Ausstellungen in Budapest und in der Provinz brachten für unsere Lehrlingsarbeiter große Erfolge.

Abgesehen von der praktischen und theoretischen Ausbildung, wird auch großes Gewicht darauf gelegt, daß aus dem Lehrling ein guter Staatsbürger werde. Der Berufslehrer befaßt sich auch in seinen freien Stunden mit den Lehrlingen und besonders das Pfadfinderwesen ist geeignet, gute Beziehungen zwischen Vorgesetzten und Untergebenen zu schaffen. Die Hebung der Sitten und der Moral bildet ein besonderes Augenmerk der Leiter der Schule. Gottesdienst am Sonntag, Studienausflüge während des Jahres, weiter das alljährlich stattfindende Lagerleben der Pfadfinder, bringen den Geist der Zusammengehörigkeit in die Ausbildung der Lehrlinge.

Der Zugförderungsdienst der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Von Oberinspektor Ing. **Hajcsi,** Abteilungsvorstand, Direktion der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Der Zugförderungsdienst der k. ung. Staatseisenbahnen umfaßt außer dem eigentlichen Zugförderungs-, d. h. dem Lokomotivdienst, noch sämtliche Angelegenheiten des technischen Wagendienstes, sowie die laufende Instandhaltung der Fahrbetriebsmittel, wie sie durch die den Heizhäusern angegliederten Betriebswerkstätten, sogenannten Filialwerkstätten, vorgenommen wird. Zu seinem Wirkungskreis gehören ferner Betrieb und Ausbau der Wasserstationen, sowie das ganze Beleuchtungswesen, die Zugbeleuchtung inbegriffen. Weiter unterstehen dem Zugförderungsdienste auch die Sonderbetriebe der Staatsbahnen, nämlich eine Ölgasanstalt, eine Ziegelei, eine Brikettfabrik und der Kraftwagenbetrieb.

Wie hieraus ersichtlich, sind die Aufgaben des Zugförderungsdienstes bei den ungarischen Staatseisenbahnen recht mannigfaltig; die Angliederung so zahlreicher Dienstzweige zum Zugförderungsdienst ist im allgemeinen bei anderen Bahnverwaltungen nicht anzutreffen.

Der Aufbau des Dienstes ist dreistufig und zwar obliegt die Organisation und die Leitung der Direktion, die Ausführung den Außendienststellen, und zur unmittelbaren Überwachung und Verwaltung des Dienstes sind als Zwischenstellen die Betriebsleitungen (Betriebsdirektionen) eingeschaltet. Eine Ausnahme hiervon bilden nur die oben erwähnten Sonderbetriebe, die unmittelbar der Direktion unterstellt sind.

Die den Zugförderungsdienst ausführenden Dienststellen sind die Heizhäuser (Zugförderungsanlagen) und die auf den beiden Budapester Personenbahnhöfen bestehenden zwei „technischen Wagenämter".

Die Heizhäuser zerfallen der Größe und Bedeutung nach in drei Gruppen:

Die Leitung der größeren, der ersten Gruppe angehörigen Heizhäuser wird von Ingenieuren mit Hochschulbildung, die der kleineren von technischen Hilfsbeamten, die aus Lokomotivführern herangebildet werden, besorgt. Endlich werden die Heizhäuser mit nur einigen Lokomotiven („Heizhausexposituren") in administrativer Hinsicht von dem betreffenden Stationsvorstand, in technischer Hinsicht vom nächstgelegenen Heizhaus verwaltet.

Jede dieser Dienststellen versieht in ihrem Bereiche sämtliche Aufgaben der Zugförderung, wie Lokomotiv-, Triebwagen-, Wagen-, Betriebswerkstätten-, Wasserversorgungs- und Beleuchtungsdienst.

Den zwei technischen Wagenämtern obliegt außer dem ganzen technischen Wagendienst auf den zwei Budapester Personenbahnhöfen noch die Einrichtung von elektrischen Beleuchtungs- und Kraftanlagen. Sie werden von Ingenieuren mit Hochschulbildung geleitet.

Die Anzahl der vorerwähnten Außendienststellen beträgt:

Heizhausleitungen I. Ranges	23
Heizhausleitungen II. Ranges	24
Heizhausexposituren	5
Technische Wagenämter	2.

Die äußeren Dienststellen sind den Betriebsleitungen, deren Zugförderungsabteilungen zur Beaufsichtigung und einheitlichen Verwaltung des Zugförderungsdienstes in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht berufen sind, unmittelbar unterstellt. Die finanzielle Verwaltung des Dienstes wird von der Finanzabteilung (Zugförderungsgruppe) der Betriebsleitung besorgt. Es bestehen sechs Betriebsleitungen und zwar in Budapest, Miskolcz, Szeged, Debreczen, Pécs und Szombathely.

Die höhere Leitung des gesamten Zugförderungsdienstes, somit auch die Aufsicht über die Tätigkeit der Betriebsleitungen auf diesem Gebiet, obliegt der Maschinenhauptabteilung der Direktion. Innerhalb der Hauptabteilung ist dafür die Zugförderungsabteilung zuständig.

Der Personalstand des Zugförderungsdienstes gliedert sich wie folgt:

1. Außendienst (Betriebswerkstätten inbegriffen) .	9975
hiervon zur unmittelbaren Dienstausübung. . .	9618
zum Aufsichtsdienst	357
2. Betriebsleitung (Zugförderungsabteilung)	52
3. Direktion (Zugförderungsabteilung)	26

Alle wichtigen Verfügungen und Entscheidungen sind der Direktion vorbehalten, vor allem die Verfügungen betreff einheitlicher Abwicklung des Dienstes und zur Erreichung der bestmöglichen Wirtschaftlichkeit. Die Direktion bestimmt den Personalstand für jede einzelne Dienststelle und umgrenzt die finanziellen Mittel, die bei den einzelnen Zweigen des Zugförderungsdienstes in Anspruch genommen werden dürfen. Der Maschinenhauptabteilung der Direktion obliegt auch die Beschaffung und die Verteilung der Fahrbetriebsmittel wie auch die Versorgung des Außendienstes mit den wichtigsten Betriebsstoffen wie Kohle und Schmieröl. Die Diensteinteilung des Personals und der Lokomotiven, ferner der Ausbesserungsplan für letztere sind der Genehmigung der Direktion unterworfen.

Um den äußeren Dienst zu überwachen und die Pünktlichkeit und Wirtschaftlichkeit zu prüfen, haben die Betriebsleitungen der Direktion monatlich sogenannte Wirtschaftsberichte vorzulegen, in welchen die Ergebnisse der Zugförderung derart dargestellt werden, daß Mängel des Dienstes mit Sicherheit zutage treten. Auf Grund dieser Wirtschaftsberichte verfaßt die Direktion monatlich die Zugförderungsstatistik des Gesamtnetzes. In dieser Statistik wurden teilweise neue Wege eingeschlagen und es dürfte daher von Interesse sein auf sie näher einzugehen.

In Anbetracht dessen, daß für die Wirtschaftlichkeit des ganzen Zugförderungsdienstes der Kohlenverbrauch ausschlaggebend ist, soll diese Statistik hauptsächlich die Überwachung des Kohlenverbrauchs erleichtern. Hierfür müssen offenbar die verschiedenen Lokomotivleistungen als Ausgangspunkt dienen; sie nehmen daher die erste Stelle unserer Statistik ein.

Es werden gesondert ausgewiesen, die in Personen-, gemischten und Güterzügen geleisteten 1. Zugkilometer, 2. Vorspann- und Nachschubkilometer, 3. Nutzkilometer (1+2) und 4. 100 Bruttotonnenkilometer (Lokomotivgewicht nicht inbegriffen).

Ferner werden ausgewiesen die Anzahl der Lokomotivanheizungen und zwar gesondert je nachdem kaltes oder erwärmtes Wasser vorhanden war, — die außer der Zugbeförderung ausgeführten Leistungen; Probe-, Leer-, Halbwarm- und Kaltfahrten in Lokomotivkilometern, — die Leistungen im Verschiebedienst in Stunden und umgerechnet auf Kilometer (1 Stunde Verschiebedienst = 4,5 km), — der Bereitschaftsdienst auf der Strecke, im Heimats- und Umkehrheizhause, — endlich die Dampfabgabe für Zugheizung und Wasserhebung, ebenfalls in Stunden und umgerechnet auf Kilometer (1 Stunde = 1,5 km).

Alle diese Leistungen werden gesondert für Haupt- und Nebenlinien ausgewiesen und den entsprechenden Leistungen desselben Monats des Vorjahres mit Angabe der Abweichung in Verhältniszahlen gegenübergestellt.

Da der spezifische Kohlenverbrauch je nach Art der Leistung verschieden ist und z. B. bei Personenzügen höher ist als bei Güterzügen, ist es für die Beurteilung des Kohlenverbrauchs von Wichtigkeit, aus welcher Art von Leistungen sich die Gesamtleistung der einzelnen Betriebsleitungen zusammensetzt. Zur Klarstellung dieser Beziehungen dient eine Übersicht nach Muster I, aus welcher zu ersehen ist,

Übersicht I.

Von der gesamten Lokomotivleistung in Tonnenkilometern entfallen auf die einzelnen Leistungsarten:

Monat: Mai 1929.

Betriebsleitung		Jahr	Auf Hauptlinien			Auf Nebenlinien				Insgesamt	
			bei Pers.- und Gem. Zügen	bei Güter- Zügen	Zus.	bei Pers.- Zügen	bei Gem. Zügen	bei Güter- Zügen	Zus.	bei Pers.- Zügen	bei Güter- Zügen
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gesamtnetz	%	1928	35	48	83	5	6	6	17	46	54
	%	1929	36	48	84	5	5	6	16	46	54



wie sich die Gesamtleistungen der einzelnen Betriebsleitungen (nach Haupt- und Nebenlinien gesondert) auf Personen- und auf Güterzüge verteilen, und welche Abweichungen sich dem Vorjahre gegenüber zeigen.

Die Übersicht II veranschaulicht die Ausnützung der Zugkraft und die durchschnittliche Zugbelastung, ferner das Verhältnis dieser Zugbelastung gegenüber jener, welche durch die betreffende Zugkraft auf dem ungünstigsten Streckenteil hätte befördert werden können.

Übersicht III gibt Aufschluß darüber, wie sich die Gesamtlokomotivkilometer auf Haupt- und Nebenlinien verteilen, wieviel v. H. der Nutzkilometer auf Personen- und auf Güterzüge entfallen; und schließlich welches v. H.-Verhältnis zwischen den unproduktiven und den Nutzleistungen besteht.

Es kann sich ein ungünstigerer Kohlenverbrauch ergeben, falls die Leistungen der Nebenlinien gegenüber jenen der Hauptlinien — oder die Leistungen der Personenzüge gegenüber jenen der Güterzüge — oder endlich falls die unproduktiven Leistungen gegenüber den Nutzleistungen sich steigern. Aus der Verhältniszahl der unproduktiven Leistungen kann ferner beurteilt werden, ob bei der Inanspruchnahme der Lokomotiven auf die Wirtschaftlichkeit Bedacht genommen wurde.

Übersicht IV gibt Aufschluß über die Ausnützung der Lokomotiven und des Lokomotivpersonals im Bereitschafts- und sonstigem Stationsdienste; ferner darüber, wie lange die zum Stationsdienste zugewiesenen Lokomotiven tatsächlich zum Verschubdienst benützt und wie lange sie unbeschäftigt waren, und schließlich wieviel Lokomotivkilometer auf eine verrechnete Dienststunde des auf diesen Lokomotiven Dienst verrichtenden Personals entfällt.

Übersicht V gibt Aufklärung über die Leistung des Lokomotivpersonals; welche Ergebnisse sich wieder auf die Entlohnung dieses Personals auswirken.

Das Lokomotivpersonal erhält Stunden- und Kilometergelder. Das Stundengeld wird vom Zeitpunkte der Anmeldung zum Dienst bis zur Abmeldung berechnet. Die Bemessung des Stundengeldes ist für jede Leistungsart gleich, wogegen das Kilometergeld nach Art der Leistung verschieden bemessen ist.

Aus dieser Übersicht läßt sich erkennen, welche Kilometerleistung auf eine Stunde der Abwesenheit des Lokomotivpersonals von der Heimatstation entfällt, d. h. wie die Dienstzeit ausgenützt wird, des weiteren, ob bei der Entlohnung des Personals Wichtigkeit und Wert der Leistung entsprechend zur Geltung kommt.

In weiteren Übersichten wurden die Kohlen- und Ölverbrauchsergebnisse nach verschiedenen Gesichtspunkten zusammengestellt. Besonders geprüft wird dabei die Verwendung der verschiedenen Kohlensorten aus beiden Betriebsleitungen, da sie die ihnen zugewiesenen Kohlensorten in einem vorgeschriebenen Mischungsverhältnisse verwenden müssen.

Der Heizwert der verschiedenen Kohlen wird auf Normalkohle bezogen, als welche eine Kohle mit 4350 Kalorien Heizwert und 4,27fachem Verdampfungsvermögen gilt.

Übersicht VI enthält die Unterlagen für die Beurteilung der Lokomotivausnützung.

Übersicht VII zeigt das Bild der Dienstleistung und der Inanspruchnahme des Lokomotivpersonals. Die zulässige höchste Inanspruchnahme ist mit monatlich 360 Abwesenheitsstunden, bzw. 260 Dienststunden bemessen.

Als Abwesenheitsdauer wird wie schon erwähnt, der Zeitraum von der Anmeldung zum Dienste vor der Fahrt bis zur

(Fortsetzung Seite 344).

Übersicht II.

Erreichte durchschnittliche Zugbelastung und deren Verhältnis (%) zur Normalbelastung auf dem ungünstigsten Streckenteil.

Monat: Mai 1929.

Betriebsleitung	Jahr	Auf Hauptlinien bei Pers.- u. Gem. Zügen t	%	Auf Hauptlinien bei Güter- Zügen t	%	Auf Nebenlinien bei Pers.- Zügen t	%	Auf Nebenlinien bei Gem. Zügen t	%	Auf Nebenlinien bei Güter- Zügen t	%	Zusammen t	%
Gesamtnetz	1928	271	56	627	82	111	40	137	39	254	66	316	64
	1929	275	59	615	86	112	43	131	40	233	58	315	66

Übersicht III.

A. Aufteilung der Lokomotivkilometerleistung nach Strecken.

B. Aufteilung der Nutzkilometerleistung nach Personen- und Güterzügen.

C. Verhältnis der unproduktiven Leistungen zur Nutzkilometerleistung.

Monat: Mai 1929.

Betriebsleitung	Jahr	A. Von der gesamten Leistung an Lokomotivkilometern entfallen in % auf Hauptlinien	A. Nebenlinien	B. Von der gesamten Leistung an Nutzkilometern entfallen in % auf Personen- und Gemischte Züge	B. Güterzüge	C. Im Verhältnis zur gesamten Nutzkilometerleistung betragen die unproduktiven Leistungen (%) an Leer- u. Halbwarmfahrten	an Kaltfahrten	an Verschiebedienst	an Bereitschaftsdienst	Zusammen
Gesamtnetz	1928	65	35	68	32	3	2	14	5	24
	1929	65	35	68	32	4	2	13	5	24

Übersicht IV.

Ausnützung der Lokomotiven im Bereitschafts- und sonstigen Stationsdienst.

Monat: Mai 1929.

Betriebsleitung	Jahr	Verschiebestunden	Bereitschaftsstunden	Zus. umgerechnet in km	Fahrten Kilometer	Zusammen Kilometer	Verrechnete Dienststunden der Lokomotivführer	Umlaufgeschwindigkeit
1	2	3	4	5	6	7 = 5 + 6	8	9 = 7 : 8
Gesamtnetz	1928	58 112,32	7 457,67	272 691,9	28 227,3	300 919,2	77 556	3,9
	1929	59 743,60	6 432,91	278 506,3	29 826,2	308 332,5	80 748	3,8

Übersicht V.

Umlaufgeschwindigkeit bei den einzelnen Zugarten.

(Kilometer-Leistung des Personals auf 1 Abwesenheitsstunde.)

Monat: Mai 1929.

Betriebs-leitung	Jahr	Eil- u. Personenzüge			Triebwagenzüge			Gemischte- u. Eilgüterzüge			Güterzüge			Nicht durch Zuglok. verrichteter Verschiebedienst		Durchschnittliche Umlaufgeschwindigkeit
		Kilometer	Dauer der Abwesenheit des Lokpers. von der Heimatstation Stunden	Umlaufgeschwindigkeit	Kilometer	Dauer der Abwesenheit des Lokpers. von der Heimatstation Stunden	Umlaufgeschwindigkeit	Kilometer	Dauer der Abwesenheit des Lokpers. von der Heimatstation Stunden	Umlaufgeschwindigkeit	Kilometer	Dauer der Abwesenheit des Lokpers. von der Heimatstation Stunden	Umlaufgeschwindigkeit	Kilometer	Stunden	
1	2	3	4	5 = 3 : 4	6	7	8 = 6 : 7	9	10	11 = 9 : 10	12	13	14 = 12 : 13	15	16	$17 = \frac{3+6+9+12+15}{4+7+10+13+6}$
Gesamtnetz	1928	1 675 041,0	165 156	10,1	124 914,5	10 215	12,2	658 737,4	89 396	7,4	1 143 862,1	178 926	6,4	300 919,2	77 556	7,6
	1929	1 819 976,8	179 284	10,2	196 475,0	15 712	12,5	642 285,2	85 737	7,5	1 149 295,4	182 963	6,3	308 332,5	80 748	7,6

Übersicht VI.

Ausnützung des Lokomotiv- und Triebwagenbestandes.

Monat: Mai 1929.

Betriebs-leitung	Jahr	Tatsächlicher Bestand an Lokomotiven und Triebwagen	Hiervon abgestellt	Somit verblieben f. den Betrieb Lokomotiven und Triebwagen	Von den Betriebslokomotiven und Triebwagen				%-Satz der tatsächlich in Dienst gestandenen Lokomotiven u. Triebwagen, bezogen auf den tatsächl. Lokomotiv- und Triebwagenstand	Ausbesserungsstand %		Von den in Betrieb gestandenen Lokomotiven und Triebwagen waren in Ausbesserung				In der Werkstätte waren				Gesamtleistung an Lokomotiven u. Triebwagenkilometern	Auf eine (einen) Betriebs-	Auf eine (einen) tatsächl. in Dienst gestellte	Auf eine (einen) Ausbess.-
					warten auf Ausbesserung	sind in Ausbesserung	sind dienstfrei	verblieben tatsächlich im Dienst		auf Betriebs-	auf tatsächlich im Dienst gestandenen	im Heizhause		in der Werkstätte		in großer Ausbesserung		in kleiner Ausbesserung			Lokomotive und Triebwagen entfallende Lokomotiv- und Triebwagen-Kilometerl.		
		Stück								Lokomotiven u. Triebwagen		St.	%	St.	%	St.	%	St.	%				
Gesamtnetz	1928	1 860	176	1 694	8	327	58	1 291	69,4	19,4	25,3	88	5,2	239	14,2	162	9,6	77	4,6	3 953 802	2 347,8	3 062,5	12 091
	1929	1 907	136	1 771	11	378	52	1 330	69,7	21,3	28,4	103	5,8	275	15,5	161	9,1	114	6,4	4 166 479	2 352,6	3 132,7	11 022

Monat: Mai 1929. **Übersicht VII.**

Betriebsleitung	Jahr	Lokomotivführerdienst haben verrichtet:									Vom Stande der Lokomotivführer haben keinen Dienst verrichtet:										Gesamtleistung an Lokomotivkilometern
		Lokomotivaufseher	Oberlokomotivführer Lokomotivführer	Lokomotivführer-Anwärter	Geprüfte Lokomotivführer-Lehrlinge	Vorheizer	Heizer: ernannte	Heizer: mit Tagelohn besoldete	Heizer: mit Stundenlohn besoldete	Zusammen	wegen andauernder / vorübergehender Krankheit	%	wegen Beurlaubung	%	dienstfrei	vom Dienste suspendiert	in Kündigung	anderen Diensten zugeteilt	zusammen	% der Dienstverrichtenden	
Gesamtnetz	1928	2	1448	74	72	1	34	—	1	1632	18 / 64	5	35	2,1	6	—	7	43	173	10.6	3 953 802
	1929	1	1465	143	42	—	67	—	—	1718	28 / 58	5	39	2,3	1	1	20	36	183	10,7	4 159 564

Dienstabmeldung nach der Rückkehr betrachtet. Aus dieser Stundenzahl ergeben sich die Dienststunden in der Weise, daß die Ruhezeiten auf der Umkehrstation abgezogen werden, aber nur falls sie mindestens sechs Stunden betragen. Die zulässige ununterbrochene Dienstleistung auf der Lokomotive beträgt höchstens zwölf Stunden. Nach einer solchen Dienstleistung ist dem Personal eine ungestörte Ruhezeit von zumindest sechs Stunden zu gewähren.

Die mit Jahresgehalt ernannten Lokomotivführer sind ausschließlich zu diesem Dienste zu verwenden; Anwärter können auch zum Heizerdienste herangezogen werden. Heizer, die die Befähigungsprüfung bestanden haben, dürfen im Stationsdienst auch als Lokomotivführer verwendet werden. Im übrigen sind die mit Jahresgehalt ernannten Heizer als Heizer zu verwenden, als Arbeiter dürfen sie nicht beschäftigt werden.

Damit die entsprechende Ausnützung des Lokomotivpersonals auch bei schwankendem Verkehr gewährleistet ist, wird der Stand des Lokomotivpersonals so festgestellt, daß nur soviel Lokomotivführer ernannt werden, als zum Mindestverkehr nötig sind, ferner werden Anwärter und zum Stationsdienst befähigte Heizer nur in solcher Zahl herangebildet, daß der Stand der Lokomotivführer auch für den Höchstverkehr ausreicht. Der Stand der ernannten Heizer wird derart bestimmt, daß er mit den Lokomotivführeranwärtern zusammen den Stand der ernannten Lokomotivführer ergibt. Auf diese Weise wird erreicht, daß auch bei Mindestverkehr nicht mehr Lokomotivführer und Heizer in Dienst gestellt sind als unbedingt benötigt werden.

In Übersicht VII wird ferner die Anzahl der im betreffenden Monat tatsächlich in Dienst gestandenen, ferner der dienstfreien, sowie der infolge von Krankheit, Urlaub oder aus anderen Gründen abwesenden Lokomotivführer und Heizer, sowie auch die Verhältniszahl der Abwesenden ausgewiesen. Schließlich ist aus dieser Übersicht auch die Gesamtleistung und die auf jeden im Dienst gestandenen Lokomotivführer entfallende Durchschnittsleistung an Lokomotivkilometern, an Abwesenheitsstunden und an Dienststunden zu ersehen. Daten, aus welchen die richtige Personalgebarung leicht zu erkennen ist.

In den weiteren Übersichten sind die Zugförderungskosten, gesondert nach Personal- und Materialkosten im ganzen und auf die Leistungseinheit bezogen ausgewiesen. Ferner sind auch die Kosten der auf die Leistungseinheit entfallenden Heiz-, Schmier-, Beleuchtungs- und anderen Stoffen, der Kilometer und Stundengelder und der Arbeitslöhne ausgewiesen. Sie sollen ein klares Bild von der wirtschaftlichen Tätigkeit der Betriebsleitungen bieten, während der die Statistik ergänzende Ausweis der vorgekommenen Lokomotiv-Dienstunfähigkeiten über die technische Abwicklung des Dienstes Aufschluß erteilt.

Die von der Direktion nach den oben angeführten Grundlagen erstellte Statistik wird den Betriebsleitungen jeden Monat zugesendet, damit diese ihre Ergebnisse mit jenen der anderen Betriebsleitungen vergleichen und die etwaigen Mängel ihrer Betriebsführung leichter erkennen können.

Die Direktion verfolgt die Ergebnisse ständig mit der größten Aufmerksamkeit; sie hält den Betriebsleitungen jene Posten, bei welchen Abhilfe not tut, vor Augen und leitet aus den Zahlen unter Heranziehung der Ergebnisse und Erfahrungen fremder Bahnen all jene Anordnungen ab, die geeignet sind zur Verbesserung des Betriebes beizutragen.

Zugförderungsanlagen der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Von Inspektor Ing. **Bagyik**, Direktion der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Hierzu Tafel 24.

Die Zugförderungsanlagen der k. ung. Staatseisenbahnen sind im allgemeinen den Anlagen mitteleuropäischer Eisenbahnen ähnlich. Es sollen daher nachfolgend nur jene Anlagen und auch diese nur kurz beschrieben werden, die vermöge ihrer technischen Anordnung auf das Interesse der Fachleute Anspruch erheben können.

Die größte Zugförderungsanlage auf dem Gebiete des derzeitigen Ungarns ist am Budapester Nordbahnhof (Budapest északi p. u.) gelegen.

Die Anlage wurde vor dem Kriege, in den Jahren 1909 bis 1911 gebaut und hatte die Bestimmung, das übermäßig beanspruchte Heizhaus am Westbahnhof durch Über-



Leistung des Lokomotiv- und Triebwagenpersonals.

Auf einen Dienst verrichtenden Lokomotivführer entfällt Lokomotivkilometer-Leistung	Gesamte		Auf einen Lokomotivführer entfallen		Heizerdienst haben verrichtet:								Vom Stande der Heizer haben keinen Dienst verrichtet									
	Abwesenheit von der Heimatstation (Stunden)	Dienst- (Stunden)	Abwesenheit von der Heimatstation (Stunden)	Dienst- (Stunden)	Lokomotivführer-Anwärter	Geprüfte Lokomotivführer-Lehrlinge	Lokomotivführer-Lehrlinge	Vorheizer	ernannte (Heizer)	mit Taglohn besoldete (Heizer)	mit Stundenlohn besoldete (Heizer)	Zusammen	wegen andauernder / vorübergehender Krankheit	%	wegen Beurlaubung	%	dienstfrei	vom Dienste suspendiert	in Kündigung	anderen Diensten zugeteilt	Zusammen	% der Dienstverrichtenden
2423	521 896	412 323	320	79 % 253	33	40	55	3	1063	8	399	1603	34/73	7,3	30	1,9	1	—	12	58	208	13,0
2421	550 140	449 666	320	82 % 262	15	7	121	5	999	53	476	1676	27/63	5,4	32	1,9	—	2	15	47	186	11,1

nahme des Güterzugdienstes zu entlasten. Infolge der neuen, in die Nähe der Hauptstadt gerückten Landesgrenzen sind jedoch beiden Heizhäusern die verkehrsreichsten Linien entzogen worden und ihre Leistung ist derart gesunken, daß das Heizhaus Budapest-Westbahnhof gänzlich aufgelassen werden konnte. Seit Auflassung letzteren Heizhauses dient nun die neuzeitlich eingerichtete Zugförderungsanlage am Nordbahnhof sowohl dem Personen- wie auch dem Güterverkehr. An die Anlage ist ein Kohlenbahnhof angeschlossen mit einem Fassungsvermögen von rund 1 Million q. Kohlen, bestimmt für Verkaufszwecke.

Sowohl der Bahnhof, als auch die Zugförderungsanlage haben über den Rangierbahnhof Rákos-rendezö mit dem Budapester Westbahnhof unmittelbare Gleisverbindung.

Die Zugförderungsanlage (Textabb. 1) besteht aus zwei kreisförmigen Lokomotivschuppen (Textabb. 2) mit zusammen 56 Lokomotivständen. Die Schuppen sind mit Rauchkanälen (System Fabel) versehen. Zur raschen Absaugung der Rauchgase stehen die Rauchkanäle mit hohen Schornsteinen in Verbindung. Zu jeder der beiden Drehscheiben mit 20 m Durchmesser führen je drei Ein- und Ausfahrtsgleise. Der Kohlenlagerplatz hat einen Fassungsraum von 24000 t Kohle. Der Hochbunker der mit elektrischen Aufzügen versehenen Bekohlungsanlage (Textabb. 3) faßt 200 t Kohle.

Die Kosten der Ausrüstung der Lokomotiven mit Kohle stellen sich bei einem Tagesbedarfe von 360 t auf 0,40 Pengö (= 29 Rpf.) pro Tonne.

Die Versorgung der Lokomotiven mit Brennholz und trockenem Sande erfolgt ebenfalls vermittels der Kohlenladebrücke, auch die Sandtrockenanlage befindet sich bei der Bekohlung. In Textabb. 2 ist auch ein Schlackenhebeturm ersichtlich, der die mechanische Schlackenbeförderung ermöglicht.

Zur Instandhaltung der dem Heizhause zugeteilten 174 Lokomotiven dient eine Betriebswerkstätte mit vier Ständen und elektrisch betriebener Achssenke.

Der Personalstand der Anlage ist mit 742 Mann bemessen. Wohlfahrtseinrichtungen wie Schlafräume, Wärmestuben, Waschgelegenheit, Bad, Ankleideraum stehen den Bediensteten zur Verfügung. Einen ergänzenden Teil der Anlage bilden die in Textabb. 4 teilweise dargestellten Wohngebäude mit insgesamt 180 Wohnungen.

Das Trinkwasser, sowie auch das Wasser zur Speisung der Lokomotivkessel stammt aus der 4,5 km entfernten Donau, in deren unmittelbarer Nähe sich die Brunnen befinden. Das ebenfalls am Donauufer errichtete Pumpwerk befördert das Wasser in den 34 m hohen Wasserbehälter (Textabb. 5) von 1000 m³ Inhalt.

Textabb. 6 und Abb. 1, Taf. 24 zeigen die Anordnung und den Schnitt der Brunnen, die nach ihrem Erbauer Fischer-Brunnen benannt werden und ein in jeder Hinsicht vorzügliches Wasser in hinreichender Menge liefern. Die Brunnen ermöglichen eine zweite künstliche Reinigung des schon auf natürlichem Wege filtrierten Wassers. Auf der äußeren Fläche des unteren Teiles des aus Eisenbeton gebauten Brunnenkörpers befinden sich nämlich in länglichen Einkerbungen Schottersäcke, die als zweite künstliche Filter dienen.

Das Wasser wird aus dem unteren Teile der Schottersäcke, welche 6 m unter dem tiefsten Wasserstand der Donau angebracht sind, durch Röhren in den glockenförmigen Schacht des Brunnens geleitet. Die elektrisch betriebene Turbopumpe ist in der oberhalb des Schachtes befindlichen Kammer eingebaut.

Der Eisenbetonkörper wurde über Tag vollkommen fertiggestellt, mit Beton gründlich verputzt und erst dann pneumatisch versenkt. Hierdurch wurde erreicht, daß der Beton tadellos dichtet und die Pumpenkammer, obwohl sie unter dem Spiegel des tiefsten Wasserstandes liegt, auch bei höchstem Wasserstande vollständig trocken ist. Vorteilhaft ist ferner, daß diese Brunnen leicht gereinigt werden können, da das Wasser aus dem Schacht durch Luftdruck entfernt und die Ablagerungen durch den mittleren Schacht und die obere Luftschleusenkammer entfernt werden können. Eine solche Reinigung wurde sechs Jahre nach dem Bau der Brunnen mit vollem Erfolg durchgeführt.

Das Pumpwerk hat eine Leistungsfähigkeit von 10000 m³ in 24 Stunden, der jetzige Bedarf beträgt 3500 m³. Die Förderkosten betragen 0,08 Pengö/m³.

Es wird von Interesse sein, den Vorteilen, die sich bei dieser Anlage durch die günstige natürliche Filtrierung und durch die Ergänzung mit großflächiger künstlicher Filtrierung ergeben haben, die Wasserversorgung unserer Station Dombovár gegenüberzustellen.

Abb. 1. Zugförderungsanlage Budapest-Nordbahnhof.

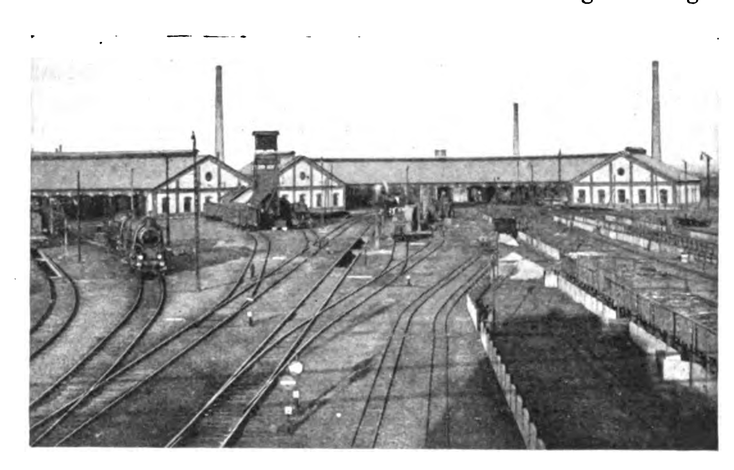


Abb. 2. Lokomotivschuppen.

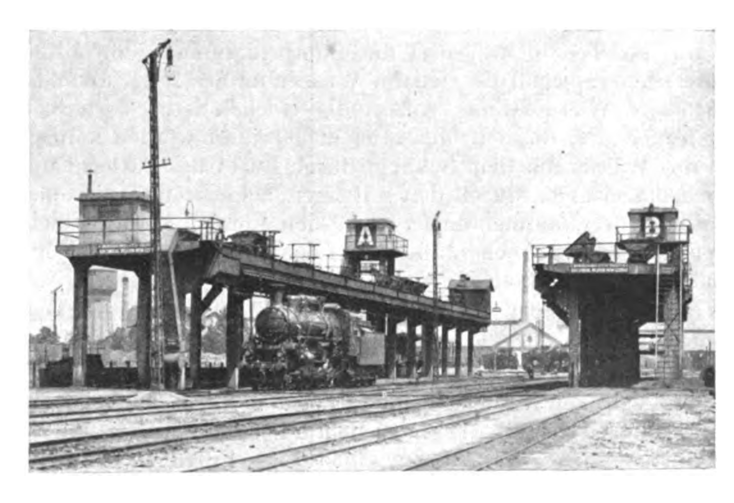


Abb. 3. Bekohlungsanlage.



Abb. 4. Wohngebäude.

In Dombovár stand zur Lokomotivspeisung das Wasser des Kaposkanals, welcher auch die Abwässer einer 30 km entfernten Zuckerfabrik abführt, zur Verfügung. Zur Reinigung dieses Wassers wird künstliche Filtrierung und ein chemisches Verfahren angewendet.

Das Wasser der Kapos wird nämlich durch zwischengeschaltete Koksfilter in einen Schacht geleitet und aus diesem durch die Elektro-Kreiselpumpe von 15 PS des in Abb. 2, Taf. 24 dargestellten Pumpwerkes in zwei Klärtürme gedrückt, wo es mit Aluminiumsulfat behandelt wird. Das von Niederschlägen befreite Wasser gelangt danach durch eine 15 bis 20 cm starke Quarzschotterschicht in den Reinwasserbehälter, aus welchem es vermittels einer Elektro-Kreiselpumpe von 33 PS in den 35 m hohen Wasserturm gedrückt wird. Die Reinigung des verschlammten Quarzfilters erfolgt mit Druckluft, welche durch einen im Maschinenraum befindlichen Kompressor erzeugt wird.

Das so gewonnene Wasser ist, solange der Betrieb der Zuckerfabrik ruht, einwandfrei; die organischen Zusätze aber, die sich während dieses Betriebes im Wasser zeigen, gänzlich zu entfernen, ist uns bisher nicht gelungen. Wir hoffen aber, daß es durch Einschaltung einer Kläranlage in der Zuckerfabrik möglich sein wird, das Wasser auch von diesen Zusätzen befreien zu können.

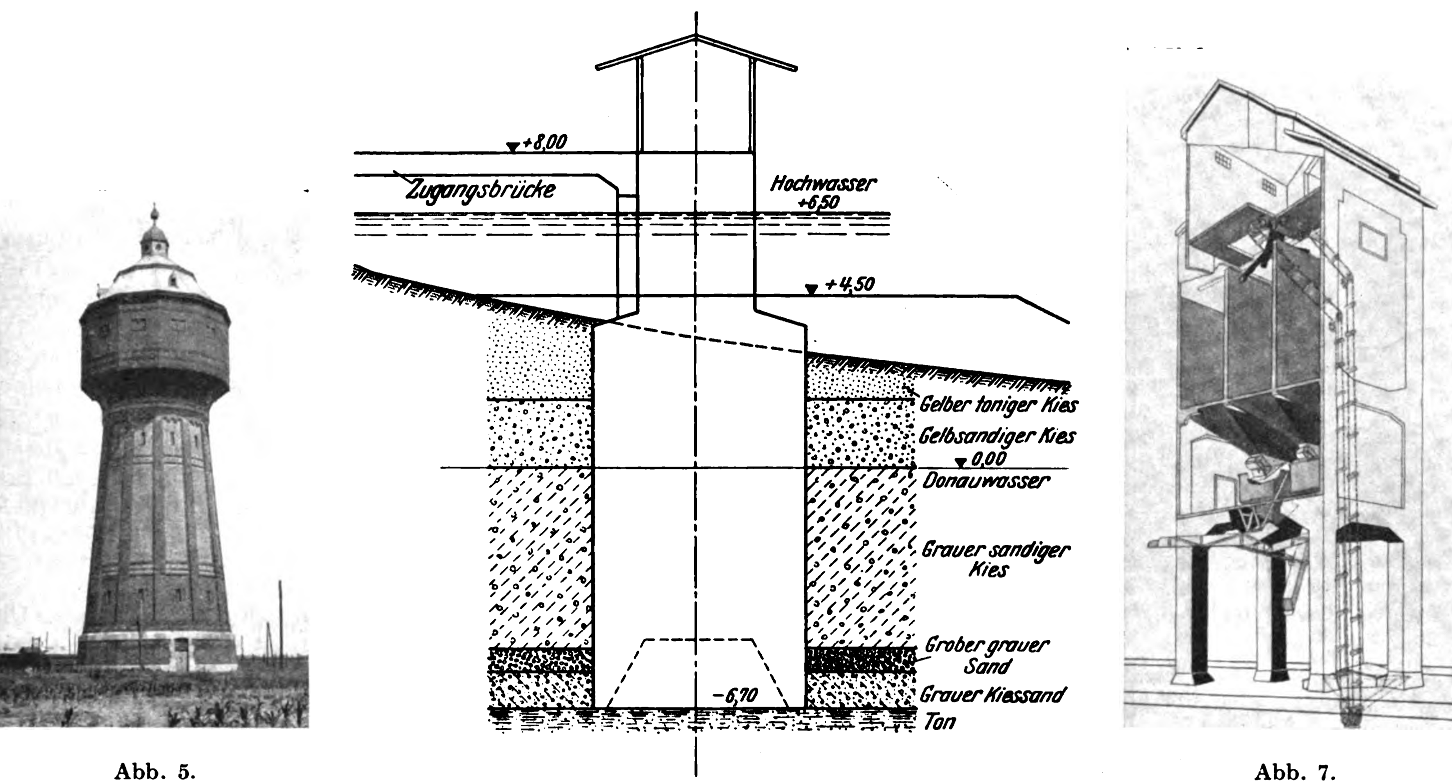


Abb. 5. Wasserbehälter System-Intze.

Abb. 6. Fischer-Brunnen.

Abb. 7. Bekohlungsanlage in Pécs.

Im Wasserwerk Dombovár stellen sich die Gesamtkosten der Wassergewinnung auf 0,099 Pengö/m³.

Von den neueren Zugförderungseinrichtungen Rumpf-Ungarns sind noch die im Jahre 1917 in Pécs errichtete Bekohlungsanlage, ferner die neuen Lokomotivschuppen in Békéscsaba zu erwähnen.

Bei der Bekohlungsanlage in Pécs ist, wie aus Textabb. 7 ersichtlich, der Kohlenbehälter in drei Abteilungen geschieden. Über ihnen ist die Maschineneinrichtung, unter ihnen die Abfüllvorrichtung angeordnet. Ein Becherwerk, angetrieben von einem 16 PS-Elektromotor, befördert die Kohle aus den am Fuße des Gebäudes befindlichen Schächten in die drei zusammen 220 t fassenden Behälter. Die Gesamtkosten der Bekohlung betragen 0,352 Pengö/Tonne.

Was den Lokomotivschuppen von Békéscsaba anbelangt, soll hier nur die Vorrichtung zum Absaugen des Rauches erwähnt werden. Da nämlich der Bau eines Schornsteines wegen der Fundierungsschwierigkeiten unverhältnismäßig kostspielig gewesen wäre, mußte hier eine andere Anordnung getroffen werden.

Die Rauchgase werden aus einem längs des Heizhauses verlaufenden Kanal vermittels eines elektrisch angetriebenen Exhaustors abgesaugt. Die abgesaugten Gase strömen durch einen Diffusor ins Freie. Die Einrichtung hat sich sowohl in betrieblicher wie auch wirtschaftlicher Hinsicht gut bewährt.

Das Bestreben der ungarischen Staatsbahnen geht dahin, die Zugförderungsanlagen mit zeitgemäßen und wirtschaftlichen Einrichtungen zu versehen. Unsere Finanzlage nötigt uns aber die Neuanlagen aus den Betriebsüberschüssen zu bestreiten, aus diesem Grunde können die Verbesserungen nicht in dem erwünschten Umfang erfolgen.

Die Brikettfabrik der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Von Inspektor Ing. v. Tóth, Direktion der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Zur Verwertung der in ihrem Betriebe sich anhäufenden Kohlenabfälle errichteten die k. ung. Staatseisenbahnen im Jahre 1913 auf dem Gebiet von Budapest nächst der Eisenbahnstation Rákos eine Brikettfabrik.

Zur Aufbesserung der einheimischen Kohlenabfälle wurde ursprünglich ausländische (schlesische) Staubkohle verwendet. Als nach Kriegsende Kohlenmangel eintrat, wurde der Betrieb erweitert und statt ausländischer Staubkohle aus wirtschaftlichen Gründen einheimische Kleinkohle verwendet. Später wurde wieder zur ausländischen Staubkohle zurückgegriffen, um Brikette herzustellen, die geeignet sind, den Bedarf an ausländischer Kohle bei Personenzuglokomotiven einzuschränken.

Vor einigen Jahren setzte das Pécser Bergwerk, dessen Kohle an Heizwert der schlesischen Kohle am nächsten steht, eine Kleinkohlenwäsche in Betrieb; seitdem wird zur Lokomotivfeuerung ausländische Kohle fast gar nicht mehr verwendet.

Dagegen wurde ausländische Kohle zur Ofenheizung noch immer in größerer Menge eingeführt, schon deshalb, weil die einheimischen Bergwerke den Bedarf an Stückkohle nicht bestreiten können. Aus diesem Grunde und zur Verbesserung der Bilanz des Außenhandels wurde die Briketterzeugung in letzter Zeit vollständig auf die Herstellung von Hausbrandkohle umgestellt.

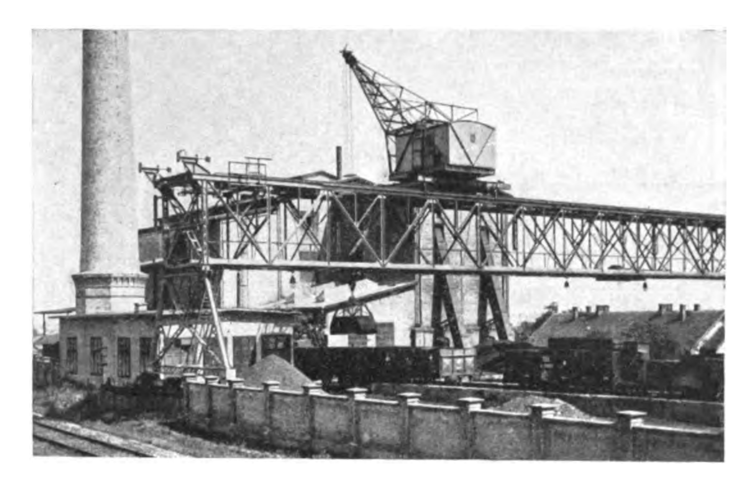
Die Abb. 1 stellt die Ansicht der Brikettfabrik dar.

Vor der Fabrik befindet sich eine Kranbrücke von 64 m Spannweite mit elektrisch angetriebenem Selbstgreifer. Die Fabrik hat Dampfbetrieb und arbeitet mit vier Brikettpressen, System Couffinhal.

Ursprünglich, solange Brikette zur Lokomotivfeuerung

erzeugt wurden, betrug das Gewicht der erzeugten Kohlenziegel 3 kg. Nach Umstellung des Betriebes auf Hausbrandkohle wurden die Pressen jedoch umgestaltet und die Formen durch Ausfütterung mit Bronzeeinlagen in drei Teile geteilt, so, daß nun bei jedem Hub drei Brikette von je 0,7 kg Gewicht erzeugt werden. Bei einer Hubzahl von 35 i. d. Minute beträgt die Höchstleistung einer Presse 105,8 t im Tag.

Die Brikettfabrikation nimmt kurz zusammengefaßt folgenden Verlauf:



Brikettfabrik der k. ung. Staatsbahnen.

Die im Eisenbahnwagen anlangende Kohle wird durch den Greifer in die aus der Abbildung ersichtlichen zwei Becherförderer abgeladen und von diesen nach Sorten in die Vorratsbehälter gehoben. Die Kohlen gelangen dann in bestimmter Mischung über einen kreisenden Rundtisch mit verstellbarem Halsgurt und Abstreicher in eine Förderschnecke, welcher auch das gemahlene Pech zugeführt wird.

Die Masse wird dann vermittels eines Desintegrators gründlich vermischt und zerkleinert und durch ein Becherwerk in den Wärmeofen befördert, wo das Gemisch auf einem Drehtische trocknet und das Pech gleichzeitig bei der Temperatur von 90° C aufweicht. Das erhitzte Gemisch wird darauf durch einen Abstreicher in die Dampf-Knetwerke geschoben, wo es vermittels überhitzten Dampfes zu plastischer Masse geknetet und sodann in die Preßformen gestrichen wird. Nach dem Pressen fallen die fertigen Brikette über Rutsche und Förderband unmittelbar in die Eisenbahnwagen.

Die ungarischen einheimischen Kohlen lassen sich leider bei niederem oder mittlerem Drucke ohne Bindemittel nicht entsprechend brikettieren, so daß es nötig ist, das teuere Kohlenpech, welches bisher durch keinen anderen Stoff ersetzt werden konnte, zu verwenden.

Anfangs wurde ausländisches Kohlenpech benützt, derzeit wird aber nur mehr inländisches Braunkohlenpech verwendet, welches überdies den Vorteil hat, für Haut und Augen unschädlich zu sein.

In jüngster Zeit wird durch Destillation nach dem Lurgi-Verfahren aus einer unserer heimischen Braunkohlen ein allen Anforderungen entsprechendes Pech gewonnen.

Die Brikettkohle enthält z. Z. $\frac{1}{4}$ Teil Pécser Kleinkohle, $\frac{3}{4}$ Teil Doroger Staubkohle und als Bindemittel zu 7% Braunkohlenpech. Der Heizwert beträgt 5700 Wärmeeinheiten, der Aschengehalt 15%.

Die Herstellungskosten von 100 kg Brikettkohle betragen:

Personalausgaben:	
Fest angestellte Bedienstete	0,0700 Pengö
Arbeitslöhne	0,0800 „
Betriebsmaterialien:	
Kohle zur Kesselheizung	0,0915 „
Schmier- und Putzmaterialien	0,0067 „
Elektrischer Strom, Wasser usw.	0,0280 „
Instandhaltungskosten	0,0820 „
Zusammen . .	0,3582 Pengö *)

Hierzu kommt noch die Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals, welche sich bei Betrieb mit mehreren Schichten entsprechend verringern.

Die Preise der Rohstoffe ändern sich nach Marktlage. Die Rentabilität der Briketterzeugung ist stark abhängig von den Pechpreisen. Derzeit kostet das Braunkohlenpech ungarischer Herkunft frei Anlieferungsort durchschnittlich 10 Pengö für 100 kg. Auf 100 kg Brikette entfallen an Kosten für Pech allein 0,7 Pengö, somit das Doppelte der oben angeführten Herstellungskosten.

In Zusammenfassung dieser Daten kann festgestellt werden, daß die Briketterzeugung bei den derzeitigen Pechpreisen nur dann wirtschaftlich ist, wenn der Preisunterschied zwischen Stückkohle und der zum Brikettieren verwendeten Staubkohle größer ist als 0,7 Pengö + 0,3582 Pengö + Tilgungsanteil.

Doch dürften die vielfachen Versuche zur Vervollkommnung des Verfahrens der Brikettierung **ohne Bindemittel** nicht lange erfolglos bleiben. Das Apfelbecksche Verfahren, das zu den besten Hoffnungen berechtigt und dem sich die allgemeine Aufmerksamkeit der Fachleute zuwendet, wird demnächst in Ungarn, im Bergwerk der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft in Pécsujhely in Anwendung gebracht werden.

*) 1 Pengö = 73 Rpf.

Die Einführung der Kunze-Knorr-Güterzugbremse bei den kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Von Ing. **Gustav Szentgyörgyi**, kön. ungar. Oberregierungsrat, Direktor der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Die Einführung einer durchgehenden Güterzugbremse ist eine der wichtigsten Fragen im Betriebe der Eisenbahnen. Sie erhöht die Betriebssicherheit und ermöglicht eine Beschleunigung des Güterverkehrs. Daraus ergibt sich eine Reihe von Vorteilen, die sowohl vom Standpunkte der Betriebsführung wie der Wirtschaftlichkeit von außerordentlicher Bedeutung sind.

An der Lösung dieser Frage nahmen die k. ung. Staatseisenbahnen von Anfang an regen Anteil, sie beteiligten sich seit nunmehr 25 Jahren an den Verhandlungen und Bremsversuchen, zuerst im Bremsausschuß des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen und neuerdings im Brems-Unterausschuß des Internationalen Eisenbahnverbandes. Im Hinblick hierauf soll die Güterzugbremsfrage hauptsächlich in jenen Beziehungen behandelt werden, bei denen das Mitwirken der k. ung. Staatseisenbahnen auf die Durchbildung und Entwicklung der durchgehenden Güterzugbremse Einfluß ausübte.

Die Grundlagen zur Entwicklung einer Druckluft-Güterzugbremse wurden durch Versuche geschaffen, die vom Jahre 1904 angefangen auf den k. ung. Staatseisenbahnlinien mit der Westinghouse-Bremse im Wettbewerb mit der Vakuumbremse vorgenommen wurden und zur **Ausgestaltung der Westinghouse-Güterzugbremse** führten. Das wichtigste Ergebnis dieser ungarischen Versuche war die mühsam ermittelte Bremszylinderdruck-Schaulinie für die Schnellbremsung, die gegenüber dem steilen Druckdiagramm der Personenzugbremse in ihrem allmählichen Ansteigen und ihrer gestreckten Form das betriebsichere Bremsen langer

Güterzüge innerhalb des zulässigen Bremsweges möglich machte. Dieses Diagramm wurde dann die Grundlage auch anderer Bauarten von Güterzug-Druckluftbremsen.

In der weiteren Entwicklung der Güterzugbremse entstand dann die Kunze-Knorr-Bremse, die über die Forderungen des Berner Programms hinaus ohne Sondereinrichtungen auch das Abbremsen der Last und das stufenweise Lösen ermöglicht, zwei wichtige Forderungen, die ich mit Rücksicht auf die Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit für eine Güterzugbremse stets als unerläßlich erachtete. Diese Vorteile haben im Jahre 1916 und 1917 die Vertreter der k. ung. Regierung, bzw. der k. ung. Staatseisenbahnen, und den mittlerweile aus Regierungs- und Eisenbahnvertretern entstandenen ung. Eisenbahn-Bremsausschuß veranlaßt, nach Teilnahme an Versuchen sowohl auf dem Flachlande als auch auf Gebirgsstrecken und gestützt auf die auch bei einem dreimonatigen Dauerversuche gemachten günstigen Erfahrungen, ein Gutachten abzugeben, in dem die Kunze-Knorr-Bremse als die zur Zeit geeignetste Bremsbauart für Güterzüge anerkannt wurde.

Auf Grund dieses Gutachtens haben die k. ung. Staatseisenbahnen zu der Kunze-Knorr-Bremse Stellung genommen und ihrem Minister die Einführung dieser Bremse schon im Jahre 1918 in Vorschlag gebracht. Wegen der ungünstigen politischen Verhältnisse konnte damals dieser Plan nicht durchgeführt werden, die Stellungnahme der k. ung. Staatseisenbahnen blieb aber unverändert.

Die Frage der Einführung der Kunze-Knorr-Bremse blieb seither bei den k. ung. Staatseisenbahnen stets auf der Tagesordnung. Um die wirtschaftlichen und betrieblichen Vorteile zu ermitteln, stellten die k. ung. Staatseisenbahnen im Jahre 1927 eine eingehende Berechnung auf, die dem k. ung. Handelsminister vorgelegt wurde, der nun als Aufsichtsbehörde im Jahre 1928 endgültig seine grundsätzliche Genehmigung erteilte, die Kunze-Knorr-Bremse bei den vorhandenen Güterwagen einzuführen und die neu zu beschaffenden Güterwagen mit dieser Bremseinrichtung zu bestellen. Dieser grundsätzliche Beschluß wurde in der Beantwortung eines vom Brems-Unterausschuß des J. E. V. aufgestellten Fragebogens offiziell mitgeteilt.

In der obenerwähnten und jüngst für die heutigen Verhältnisse umgearbeiteten Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden in der ersten Reihe Ersparnisse an Bremserpersonal (als unmittelbare Vorteile) errechnet, und des weiteren die Folgen der Erhöhung der Betriebssicherheit und der Steigerung der Güterzuggeschwindigkeit geschätzt. Letztere beiden wurden so bedeutungsvoll gefunden, daß diese mittelbaren Vorteile die Einführung einer Güterzugbremse auch dann vollkommen rechtfertigen, wenn die Ersparnisse an Bremserkosten die Tilgung des aufgewendeten Kapitals erst nach längerer Zeit ermöglichen würden.

Die Ersparnisse an Bremserpersonal genügen — nach Abzug der Mehrkosten des Luftbremsbetriebes gegenüber dem Handbremsbetriebe — zur Tilgung und Verzinsung des Einbaukapitals und zwar erfolgt die Tilgung bei einer vierjährigen Ausrüstungsfrist in 10 bis 12 Jahren nach beendigter Ausrüstung.

Nach Ablauf der Tilgungsjahre ist dann trotz der höheren Unterhaltungs- und Untersuchungskosten der Luftbremse jährlich eine ansehnliche Reinersparnis zu erwarten.

Obwohl unmittelbare Ersparnisse durch Entfall der Bremser allein zur Tilgung der Einführungskosten genügen, werden die rechnerisch nicht genau zu fassenden mittelbaren Vorteile des Luftbremsbetriebes: Steigerung der Betriebssicherheit und höhere Zuggeschwindigkeit nicht minder dazu beitragen, die Einführung der Güterzugbremse zu rechtfertigen.

Es sollen hier diese mittelbaren Vorteile näher besprochen werden.

A. Die Steigerung der Betriebssicherheit.

Beim Handbremsbetrieb im Güterzugdienst ist die Länge der Bremswege ziemlich unsicher, da sie von der Hörbarkeit der Lokomotiv-Pfeifensignale, von der Witterung, Windrichtung, von körperlicher Frische und dem Diensteifer der Bremser abhängt. Außerdem sichert aus Sparsamkeitsrücksichten die Anzahl der Bremser nur den größten zugelassenen Bremsweg.

Beim Luftbremsbetrieb der Güterzüge fallen diese unsicheren Punkte weg, die Wirkung der Bremse liegt zuverlässig in der Hand des Lokomotivführers, die Bremswirkung geht rasch und gleichmäßig bis an das Zugende. Bei Zugtrennungen bremst sich der Zug selbsttätig ein. Außerdem erhöht die Betriebssicherheit auch der Umstand, daß allgemein eine größere Zahl Bremswagen sich im Zuge befindet als nach den Vorschriften notwendig wäre. Unsere Bremswegversuche zeigen, daß durch diese günstigen Umstände bei unseren Verhältnissen im Luftbremsbetrieb um 25% bis 40% kürzere Bremswege zu erwarten sind als bei dem Handbremsbetrieb. Die gesteigerte Betriebssicherheit könnte man bei Handbremsung nur durch Vermehrung der Anzahl der Bremser erreichen, was die Bremserkosten ganz erheblich steigern und den Betrieb außerordentlich unwirtschaftlich gestalten würde.

Diese Mehrkosten für den Handbremsbetrieb bei gleicher Sicherheit würden die zahlenmäßige Bewertung der größeren Betriebssicherheit der Kunze-Knorr-Bremse darstellen.

Die Steigerung der Betriebssicherheit ist mit einer ganzen Reihe von betrieblichen und wirtschaftlichen Vorteilen verbunden: Verminderung der Betriebsstörungen, der Zugtrennungen, der Unfälle und der Unfallschäden, so daß die Einsparungen an Beschädigungen von Gleisen, Lokomotiven und Wagen, ferner die Verminderung der Entschädigungssummen für beschädigte Waren und Personen zugunsten der Luftbremse anzuschreiben sind.

Die Einführung einer durchgehenden Güterzugbremse gestattet ferner die Anwendung einer neuen Sicherheitseinrichtung gegen das Überfahren von Haltsignalen auch bei Güterzügen. Solche Zugbeeinflussungseinrichtungen sichern das selbsttätige Einbremsen der luftgebremsten Züge vor den Haltsignalen.

Schließlich soll hier noch der soziale Gesichtspunkt erwähnt werden, daß bei Einführung des Luftbremsbetriebes bei Güterzügen ein schwerer, oft gefahrvoller, durch die Kälte stark beeinflußter Dienst entfällt.

B. Die Vorteile der Geschwindigkeitssteigerung bei Güterzügen.

Die größere Betriebssicherheit, die sich aus der zuverlässigeren und höheren Bremskraft ergibt, gestattet die Geschwindigkeit der luftgebremsten Güterzüge um ein bestimmtes Maß ohne Bremsermehrkosten zu steigern. Dies führt besonders in Gefällen kostenlos zur Verkürzung der Fahrzeiten, also zur Verbesserung der Fahrpläne. Die so erzielte Verkürzung der Fahrzeiten ist eigentlich aus betrieblichen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten die wichtigste Errungenschaft des Luftbremsbetriebes bei Güterzügen. Sie ermöglicht die Verkürzung der Umlaufzeiten der Lokomotiven und Wagen und verbessert die Ausnützung der Fahrzeuge und des Personals, was auch zu Einsparungen bei Fahrzeugbeschaffungen und bei den Unterhaltungskosten derselben

führt. Durch Verbesserung der Fahrpläne kann auch die Leistungsfähigkeit der Strecken gesteigert werden, ohne besondere Baukosten für Doppelgleise und Stationserweiterungen.

Die Verkürzung der Fahrzeiten beschleunigt außerdem den Warenumlauf, mit demselben Fahrpark werden größere Leistungen erzielt, was zur Steigerung der Einnahmen führt. Auch vom Standpunkte des zwischenstaatlichen Verkehrs ist die Einführung einer durchgehenden Güterzugbremse gerechtfertigt und zeitgemäß, denn der internationale Güterverkehr erfordert heute schon lange Züge mit großer Geschwindigkeit, die wirtschaftlich und betriebssicher nur im Luftbremsbetrieb geführt werden können.

Die außerordentlichen Vorteile des Luftbremsbetriebes der Güterzüge haben die meisten Länder erkannt, und sie dazu bewogen, die Einführung einer durchgehenden Güterzugbremse zu beschließen. Die Deutsche Reichsbahn und die Schwedischen Staatsbahnen haben die Kunze-Knorr-Bremse bereits vollständig eingeführt.

Die ungarischen Staatseisenbahnen haben, wie erwähnt, sich grundsätzlich für die Einführung der Kunze-Knorr-Bremse entschieden; die ungarische Industrie hat sich für die inländische Herstellung der Kunze-Knorr-Bremse vorbereitet und die Bereitstellung der nötigen Mittel ist im Zuge; nach Sicherung derselben wird mit der Herstellung der Kunze-Knorr-Bremse und Ausrüstung der Fahrzeuge begonnen werden.

Frankreich und Belgien führt die Westinghouse-Güterzugbremse, die Schweiz die Drolshammer-Bremse ein. Auch Österreich, die Tschechoslowakei, Jugoslavien, Rumänien, Holland, Dänemark, Italien und Polen befassen sich mit der Frage der Einführung, so daß die europäischen Eisenbahnen, die Wichtigkeit dieser Frage erkennend, bemüht sind, aus den gewaltigen Vorteilen dieser technischen Errungenschaft ehestens in ihrem Betriebe Nutzen zu ziehen.

Die Elektrisierungsarbeiten der kön. ungar. Staatsbahnen.

Von Staatsbaurat Ing. **L. von Verebély**, Vorstand des Elektrisierungsbüros, Direktion der kön. ungar. Staatsbahnen.

Vorarbeiten der elektrischen Zugförderung.

Die ersten Elektrisierungspläne und Vorarbeiten der k. ung. Staatsbahnen reichen in jene Sturm- und Drangperiode der elektrischen Zugförderung zurück, in welcher — vor etwa zwei Jahrzehnten — nach den ersten durchschlagenden Erfolgen in Italien auf der Valtellina-Bahn und in den Vereinigten Staaten von Amerika auf der New York Central und der New York, New Haven & Hartford Bahn, die meisten europäischen Bahnverwaltungen wetteifernd sich für die Schaffung großzügigerer Elektrisierungsanlagen entschließen. Im Jahre 1910 wird der elektrische Betrieb auf der steilen Rampe von Giovi der Italienischen Staatsbahnen und auf der Teilstrecke Spiez—Frutigen der Lötschbergbahn eröffnet und im Sommer desselben Jahres erhält die Direktion der Schwedischen Staatsbahnen die gesetzliche Ermächtigung, die nördlichste Bahnlinie der Erde, die Riksgränsen-Bahn zu elektrisieren. Ein halbes Jahr später, Anfang 1911, beginnt der elektrische Betrieb zwischen Dessau und Bitterfeld und auf der Versuchsstrecke Ille sur Tête—Villefranche der französischen Südbahn.

In Ungarn, wo die Erfolge des bahnbrechenden ungarischen Drehstromsystems in Italien besonderes Interesse für die elektrische Zugförderung erweckten, kam im Jahre 1910 von den Staatsbahnlinien die Elektrisierung von vier Gebirgsstrecken in Erwägung, nämlich:

Kameral—Moravica—Fiume im adriatischen Karstgebiet,
Galánta—Zsolna } auf den von Budapest nach
Salgtóarján—Ruttka } Breslau—Berlin führenden zwei Hauptlinien,
Piski—Petrozsény in Erdély (Siebenbürgen).

Nachdem aber das damalige k. u. k. Kriegsministerium gegen die Elektrisierung der ersten beiden Strecken Stellung nahm, wurden die Vorarbeiten eigentlich nur auf den beiden letzteren ernstlich aufgenommen. Es ist bemerkenswert, daß zur Durchführung der Elektrisierung sich für beide staatlichen Linien die Privatunternehmung angemeldet hatte. Das war aber leider auch die Ursache der Verzögerung der Entscheidung. Die Ergebnisse ausländischer Elektrisierungen waren damals noch viel zu spärlich und viel zu unsicher, um eine objektive Entscheidung zwischen dem Optimismus der Privatangebote und der etwas pessimistischen Vorsicht der verantwortlichen amtlichen Stellen zu ermöglichen. Die Schriften und Berechnungen für und wider kreuzten ihre Waffen lange in unfruchtbarem Kampfe, der erst am Ende des Jahres 1913 zu dem bescheidenen Ergebnis führte, daß die Elektrisierung eines Teiles der Strecke Piski — Petrozsény mit dem Kandóschen Drehstromsystem beschlossen wurde. Der Ausbruch des Weltkrieges bereitete aber den kaum begonnenen Ausführungsarbeiten ein jähes Ende.

Einphasenstrombahn Budapest—Vác—Gödöllö.

So war zu Beginn des Krieges neben einigen Lokalbahnen auf dem von den Staatsbahnen betriebenen Netz nur die Nebenbahn Budapest—Vác—Gödöllö im elektrischen Betrieb (Abb. 1). Diese wurde im Jahre 1911 gleich mit elektrischen

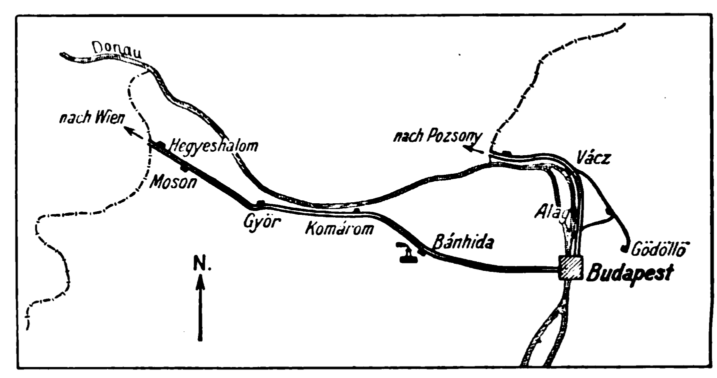


Abb. 1. Lageplan der zu elektrisierenden Linie Budapest—Hegyeshalom.

Betriebsmitteln eröffnet, die von den ungarischen Siemens-Schuckert-Werken geliefert wurden. Ihre Betriebslänge beträgt rund 51 km mit Steigungen bis 15 ‰. Die Ausrüstung entspricht der damaligen Entwicklungsstufe einer 15periodigen Einphasenbahn mit 10000 Volt Fahrstrom, der aus einer bahnfremden Zentrale bei Budapest bezogen wird. Der Personenverkehr wird zum größten Teil mit Triebwagenzügen, der Güterverkehr mit Lokomotiven abgewickelt. Die elf Triebwagen haben ein Leergewicht von 43 t, sind mit zwei je 150 PS starken Kollektormotoren ausgerüstet und verkehren mit einem oder zwei Anhängewagen von 13 bis 15,5 t Gewicht. Die vier Lokomotiven der Achsfolge B + B, haben zwei Motoren von je 240 PS Leistung und befördern bei 47 t Eigengewicht Züge von 160 t Anhängelast.

In den ersten Jahren des Weltkrieges stockte natürlich jede Elektrisierungstätigkeit. Als aber die lange Dauer des Krieges die sparsamste und rationellste Ausnützung aller zur Verfügung stehenden Kräfte zum ersten Gebot der Kriegswirtschaft erhob und die immer drückendere Kohlennot selbst den Verkehr strategisch wichtiger Eisenbahnlinien mit

Lahmlegung bedrohte, trat das Bedürfnis nach Elektrisierung — und zwar in einer viel allgemeineren Form — wieder in den Vordergrund. Aber erst in den letzten Tagen des tragischen Jahres 1918 wurde die systematische Arbeit beschlossen und das Elektrisierungsbüro errichtet, — mit der Aufgabe, sämtliche von Budapest ausstrahlenden Hauptlinien der Staatsbahnen auf ihre Eignung für die Elektrisierung und auf ihren Energiebedarf zu prüfen und sobald als möglich der Regierung einen bestimmten Vorschlag zu unterbreiten.

Stromart — Phasenumformersystem v. Kandó.

Es war von vornherein klar, daß unter den obwaltenden Verhältnissen — schwierige finanzielle Lage, Abtrennung von zwei Dritteln des alten Landesgebietes und der ergiebigsten natürlichen Kraftquellen — die Elektrisierung nur im Zeichen größter Sparsamkeit vorgenommen werden dürfe. Dieser Anforderung schien das von Dr. Ing. h. c. von Kandó bereits im Jahre 1917 entworfene und von der Ganzschen Elektrizitäts-A. G. in Arbeit genommene neue sogenannte Phasenumformersystem in geeignetester Weise entgegen zu kommen, da es die unmittelbare Verwendung eines Wechselstromes normaler Frequenz (50 Perioden) am Fahrdraht gestattete, hierdurch die Erzeugung bzw. Umformung und Übertragung eines besonderen Bahnstromes unnötig machte und auf diese Weise insbesondere bei den Investitionskosten der Elektrisierung sehr wesentliche Ersparnisse in Aussicht stellte.

Nachdem sowohl die prinzipiellen Grundlagen als auch die konstruktiven Einzelheiten des Kandóschen Phasenumformersystems in der deutschen Fachliteratur vom Verfasser wiederholt eingehend erörtert wurden*), genügt es an dieser Stelle, ganz kurz darauf hinzuweisen, daß das Wesen des neuen Systems darin besteht, daß der vom Fahrdraht abgenommene Wechselstrom von 50 Perioden und 15000 Volt in einer, einem Turbogenerator ähnlichen Synchronmaschine auf Drehstrom von etwa 1000 Volt Spannung umgeformt wird (Abb. 2). Hierzu ist der Ständer des Umformers mit zwei voneinander unabhängigen Wicklungen versehen, von denen die unmittelbar an die Fahrdrahtspannung angeschlossene einphasige sog. Primärwicklung den Umformer als Synchronmotor antreibt, während die andere mehrphasige sog. Sekundärwicklung die Haupt- und Nebenmotoren mit Mehrphasenstrom entsprechend niederer Spannung speist. Der Ständer ist zwecks besserer Kühlung und Isolierung in einem, mit Transformatoröl gefüllten Kasten untergebracht, von dem der Läufer mit Hilfe eines in den Luftspalt geschobenen und an beiden Enden des Ölkastens sorgfältig abgedichteten Bakelitrohres abgetrennt ist. Durch die eigenartige gegenseitige Anordnung der Ständerwicklungen und durch die entsprechende selbsttätige Regelung der Gleichstromerregung des Läufers, wird erreicht, daß einerseits den Hauptmotoren jene mit der Belastung sich ändernde Klemmenspannung zugeführt wird, welcher bei der betreffenden Belastung ein möglichst hoher Wirkungsgrad entspricht, anderseits im Primärstromkreis eine beliebige Phasenverschiebung (normal etwa $\cos\varphi = 0{,}90$ bis 0,98 voreilend) konstant gehalten wird. Die Hauptmotoren sind normale Drehstrommotoren, deren Drehzahl in der üblichen Weise durch Polumschaltung, oder Kaskadenschaltung, oder aber auch durch die Kombination dieser beiden, in entsprechenden Stufen geändert werden kann.

Das Anlassen geschieht mit Hilfe eines von den Drehstromlokomotiven wohlbekannten und bewährten Wasserwiderstandes. Die Energieaufnahme wird sowohl während der Beschleunigungsperiode, als auch während der Fahrt durch einen Automaten geregelt, so daß die Bedienung der Lokomotive äußerst einfach ist.

Diese Lösung gestattet nicht nur die Vereinigung der günstigen Eigenschaften der Drehstromlokomotiven mit denen der billigen und betriebssicheren einpoligen Hochspannungsoberleitung, sondern ermöglicht auch die unmittelbare Speisung des elektrisierten Bahnbetriebs aus den für allgemeine Licht- und Kraftzwecke dienenden Kraftwerken bzw. Fernleitungen, was sowohl mit Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit der Kraftwerke (von denen im jetzigen Rumpf-Ungarn nur Dampfkraftwerke in Betracht kommen), als auch auf die betriebssichere und billige Strombeschaffung der Bahn, von ausschlaggebender Bedeutung ist.

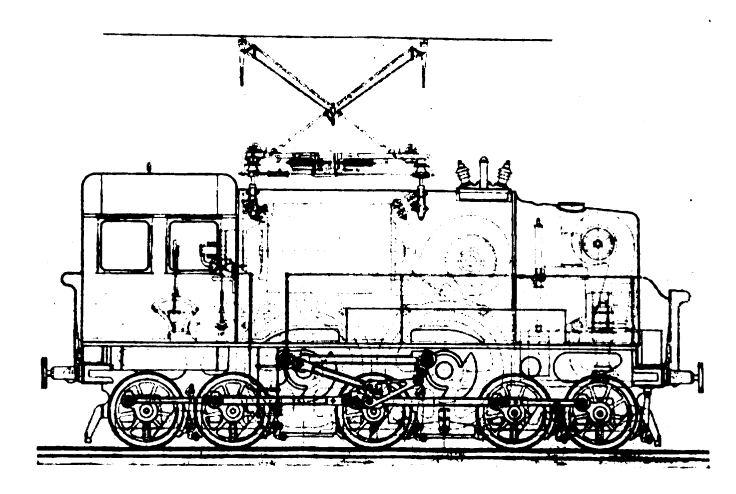


Abb. 2. Umrißbild der ersten Probelokomotive.

Versuchslokomotive mit Phasenumformer.

Mit Rücksicht auf diese wichtigen Eigenschaften der Kandóschen Umformerlokomotive, beschlossen die Staatsbahnen nach eingehenden Vorstudien im Jahre 1922 das neue System einer gründlichen praktischen Prüfung zu unterziehen. Hierzu stellte die Ganzsche Elektrizitäts-A.-G. unentgeltlich und bedingungslos eine Versuchslokomotive zur Verfügung und die Staatsbahnen rüsteten eine angemessene Strecke mit Fahrleitung aus und sorgten für die Stromlieferung.

Diese erste Probelokomotive (Abb. 2), deren mechanischer Teil von der Magyar Állami Gépgyár (Ungarische staatliche Maschinenfabrik) geliefert wurde, war durch folgende Daten gekennzeichnet.

Achsfolge	0 - E - 0
Gesamtlänge über Puffer	9640 mm
Gesamter Radstand	6580 mm
Fester Radstand	4080 mm
Raddurchmesser	1070 mm
Dienstgewicht	80 t
Stundenleistung der Motoren etwa	2700 PS
Geschwindigkeit bei 50 Per.	25—33,3—50— 66,7 km/Std.

Versuchsstrecke.

Als Versuchsstrecke wurde ein 15,2 km langer Abschnitt der früheren Hauptlinie Budapest—Pozsony—Wien bestimmt, der von Budapest-Westbahnhof nördlich bis Alag führt

*) v. Verebély: Versuche der k. ung. Staatsbahnen mit einem neuen Elektrisierungssystem. Organ 1924, Heft 9/10. — Die elektrotechnischen Grundlagen eines neuen Phasenumformersystems. E. T. Z. 1925, Heft 2. — Über die Elektrifizierungsarbeiten der k. ung. Staatsbahnen. Elektrotechn. und Maschinenbau 1923, Heft 2. — Die Phasenumformerlokomotive für 50 periodischen Wechselstrom. Elektrotechn. und Maschinenbau 1925, Heft 7. — Die Verwendung von 50 periodischem Wechselstrom zur Elektrisierung von Haupt- und Nebenbahnen. III. Internationaler Straßenbahn- und Kleinbahn-Kongreß. 1925.

(Abb. 1). Es sind insgesamt rund 41 km Gleis mit Oberleitung ausgerüstet, so daß alle nötigen Zugbewegungen auch mit der elektrischen Lokomotive durchgeführt werden können.

Die Fahrleitung wurde in allen ihren Einzelheiten im Elektrisierungsbüro der Staatsbahnen entworfen, in deren Werkstätten hergestellt und in Eigenunternehmung erbaut (Abb. 3). Sie trägt, ihrer Bestimmung gemäß, wohl die Merkmale eines Provisoriums, hat sich aber nichtsdestoweniger bis jetzt sehr gut bewährt. Sie ist als einfache Kettenleitung ausgeführt, die von X-förmigen gegliederten leichten stählernen Auslegern getragen wird. Die Isolation ist durchweg einfach und besteht aus Doppelmantel-Stützisolatoren. Der hartgezogene Kupferfahrdraht von 80 mm Querschnitt läuft normal in 6000 mm Höhe über Schienenoberkante.

Der elektrische Strom kann entweder vom Kraftwerk der Hauptwerkstätte Istvántelek der Staatsbahnen, oder von einer bahnfremden elektrischen Zentrale bezogen werden, die beide ungefähr in der Mitte der Probestrecke liegen. In beiden Fällen wird die Fahrleitung mittels eines Einphasentransformators

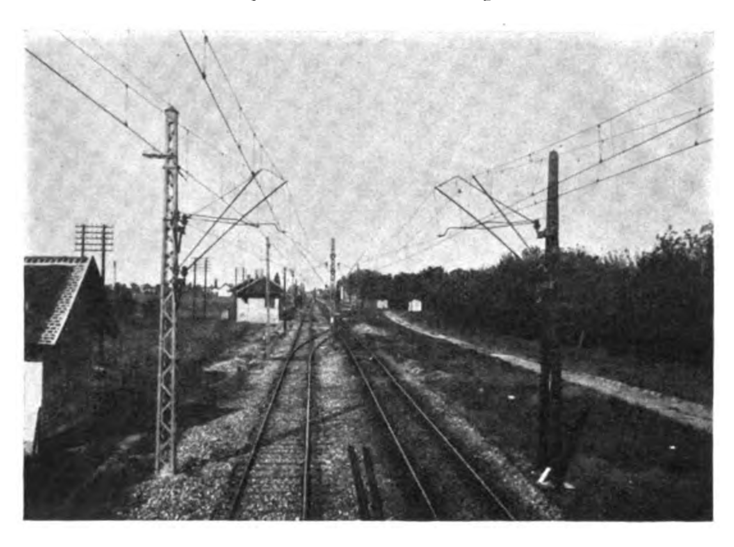


Abb. 3. Streckenteilung der Fahrleitung vor der Station Alag.

gespeist, der niederspannungsseitig an eine Phase der Dreiphasensammelschienen angeschlossen ist.

Die Versuche begannen im Herbst 1923 und dauerten mit einigen längeren Unterbrechungen rund drei Jahre. Es wurden Personenzüge von 300 bis 400 t Gewicht mit 67 km/Std. Geschwindigkeit und Güterzüge bis 1300 t Gewicht mit 50 km/Std. Geschwindigkeit befördert. Als Zusammenfassung der Versuchsergebnisse konnte festgestellt werden, daß sich die Lokomotive sowohl nach dem Grundgedanken als auch in konstruktiver Hinsicht bewährt hat. Insbesondere haben die Versuche für die Richtigkeit der zwei grundlegenden Fragen des Systems den Beweis geliefert, nämlich: erstens, daß die betriebsmäßige Stabilität synchroner Phasenumformer durch entsprechende Ausbildung der selbsttätigen Regler gesichert und zweitens, daß die nur an eine Phase angeschlossene Bahnbelastung auch an eine verhältnismäßig kleine Drehstromzentrale ohne Störung derselben und der mitangeschlossenen Licht- und Kraftverbraucher unmittelbar angeschlossen werden kann.

Am Ende des Jahres 1926 wurden die Versuche eingestellt um einerseits an der Lokomotive die inzwischen nötig gewordenen größeren Ausbesserungen vorzunehmen, anderseits um einige Bestandteile auf Grund der gesammelten Erfahrungen umzubauen. Diese Arbeiten dauerten etwas über ein Jahr, so daß die zweite Versuchsperiode mit der umgeänderten Lokomotive im Sommer 1928 begonnen werden konnte.

Weiterentwicklung der Umformerlokomotive.

Der Umbau betraf in erster Linie den Phasenumformer, welcher statt zweipolig (3000 Umdr./Min.) einpolig (1500 Umdr./Min.) und trotz kleinerer Abmessungen mit größerer Leistungsfähigkeit ausgeführt wurde. Die Leistungserhöhung konnte einerseits durch bessere Kühlung des Öles mittels am Ständerkasten außen angebrachter Rippen, anderseits durch die verhältnismäßig einfache Wasserkühlung des Läufers erreicht werden. Das Anlassen des Umformers, das bei der ersten Ausführung mit Hilfe einer Akkumulatorenbatterie und des als Gleichstrommotor arbeitenden Erregers geschah, wird jetzt durch einen einphasigen Anwurfmotor vorgenommen, welcher die nötige niedrige Klemmenspannung von der primären Ständerwicklung des Umformers erhält. Bei den Hauptmotoren wurde die Kaskadenschaltung, die neben ihrer grundsätzlich vorhandenen Einfachheit auch gewisse Schwierigkeiten mit sich bringt, verlassen, und beide Motoren wurden auf Polumschaltbarkeit umgewickelt. Demzufolge änderten sich die Geschwindigkeitsstufen auf 33—50—66 km/Std.

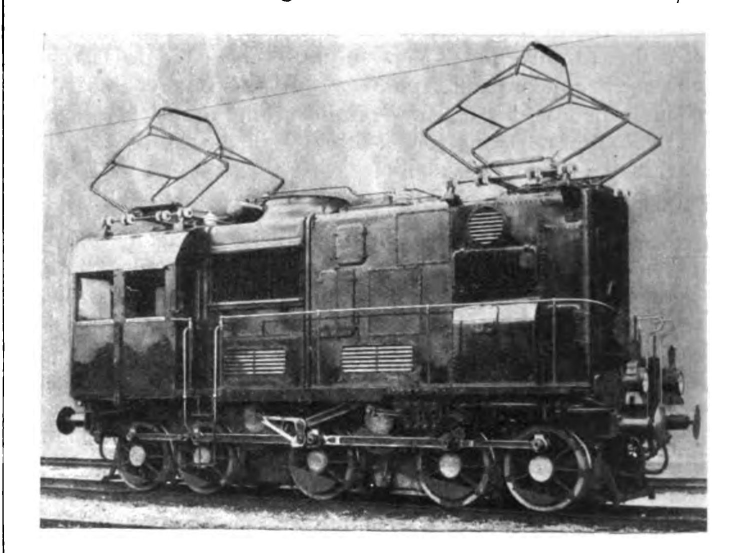


Abb. 4. Die umgebaute Probelokomotive.

Die Schaltapparate und der selbsttätige Regler wurden vereinfacht. Das Laufwerk und das Triebwerk sowie der allgemeine Aufbau der Lokomotive blieben unverändert.

Diese umgebaute Lokomotive (Abb. 4) hat nun teils mit Personenzügen bis 560 t Gewicht und teils mit Güterzügen bis 1450 t Gewicht rund 20000 km ohne nennenswerte Störungen zurückgelegt, wobei Tagesleistungen bis 300 km erreicht wurden, was mit Rücksicht auf die Kürze der Probestrecke (15 km) und auf die bescheidene Höchstgeschwindigkeit (66 km/Std.) sehr beachtenswert ist (Abb. 5). Die kleineren Mängel die bei der ersten Hauptuntersuchung festgestellt wurden, sind zumeist Unvollkommenheiten in der Herstellung zuzuschreiben, die mit dem Wesen des Systems nichts zu tun haben und leicht zu beseitigen sind.

Elektrisierung der Hauptlinie Budapest—Hegyeshalom.

Auf Grund dieser zufriedenstellenden Erfahrungen und mit Rücksicht darauf, daß die nötigen finanziellen Mitteln aus der weiter unten erwähnten englischen Anleihe zur Verfügung standen, faßten die Staatsbahnen im Dezember 1928 den Entschluß, an ihre erste großzügige Elektrisierung, nämlich an die Elektrisierung der Hauptlinie Budapest-Ost—Hegyeshalom Reichsgrenze (Wien) heranzutreten.

Die technischen und wirtschaftlichen Grundlagen dieses Planes wurden vom Verfasser bereits im Jahre 1923 klargelegt. Die Untersuchung der Verhältnisse der

Elektrizitätswirtschaft Rumpf-Ungarns, die in ihrer Entwicklung etwas zurückgeblieben war, führte nämlich zu dem Ergebnis, daß die Errichtung einer großen modernen mit Abfallkohle betriebenen Überlanddampfzentrale in der Umgebung eines Braunkohlen- oder Lignitlagers von Westungarn, als erster Schritt zur Rationalisierung, dringend geboten ist*). Dieses Kraftwerk soll die Abstellung einiger unwirtschaftlich arbeitender veralteter Zentralen von Budapest ermöglichen und sowohl die Hauptstadt als auch einen entsprechenden Teil Westungarns mit billiger elektrischer Energie versorgen und hierbei die sparsame Ausnützung minderwertiger Brennstoffe fördern. Die Überlegungen zeigten, daß nur im Anschluß an ein solches Überlandwerk die wirtschaftliche Möglichkeit der Elektrisierung der Linie Budapest—Hegyeshalom gegeben war, da die Bahn aus der großen, mit Licht- und Industriestrom gut belasteten Zentrale als einfacher Großabnehmer den Strom verhältnismäßig billig beziehen konnte und von den Anlagekosten des Kraftwerkes und der Kraftübertragungsanlagen nur den ihrem wirklichen Stromverbrauch entsprechenden Anteil in den Stromkosten auf sich nehmen mußte.



Abb. 5. Die Probelokomotive in der Station Alag mit einem Schnellzug von 560 t.

Zur Verwirklichung dieses großzügigen Planes wurden im Mai 1928 zwei englische Anleihen im Nominalwert von insgesamt 2,3 Millionen Pfund Sterling von der hierzu gegründeten Magyar Dunántúli Villamossági r. t. (Ungarische Transdanubische Elektrizitäts-A.-G.) aufgenommen und die Durchführung folgender Arbeiten beschlossen:

a) der Bau eines Dampfkraftwerkes von rund 90000 PS Leistungsfähigkeit;
b) die Errichtung von rund 180 km 100000 Volt-Fernleitung und von drei städtischen Unterwerken und zwar je eines in Budapest, Győr und Moson—Magyaróvár;
c) die Elektrisierung der 192 km langen Hauptlinie Budapest—Hegyeshalom der Staatsbahnen mit rund 500 km Fahrleitung, vier Bahnunterwerken und 42 elektrischen Lokomotiven.

Nach entsprechenden Vorarbeiten und nach gründlicher Erwägung aller Gesichtspunkte wurde als Ort des Kraftwerkes Bánhida bestimmt, längs der zu elektrisierenden Strecke in der Luftlinie 52 km von Budapest entfernt, am westlichen Rand des großen Tataer Kohlenbezirks (Abb. 1). Das Kraftwerk wird mit Hilfe einer 5½ km langen Seilbahn mit den Gruben der Magyar Általános Kőszénbánya r. t. (Ungarische Allgemeine Kohlenbergwerk A.-G.) verbunden, aus denen es mit sog. Brennschiefer beliefert wird. Dieser minderwertige Brennstoff liegt in mächtigen Flözen unter dem hochwertigeren Braunkohlenlager und wurde bis jetzt nicht ausgebeutet. Im Kraftwerk findet er nun einen willkommenen Großabnehmer, da jährlich rund eine Viertelmillion Tonnen verbraucht werden sollen.

Das benötigte Kühl- und Speisewasser wird aus dem kleinen Bánhidaer See entnommen, an dessen Ufer das Kraftwerk errichtet wird und dessen rund 325000 m² große Oberfläche — als ein horizontal ausgebreiteter Kühlturm — zur Rückkühlung benützt wird.

Im Kesselhaus werden acht Babcock-Wilcox-Kessel von je 988 m² Heizfläche und 28 at Dampfdruck aufgestellt. Die Heizfläche der Überhitzer beträgt je 378 m², die der Luftvorwärmer je 2100 m². Unter jedem Kessel befinden sich zwei Kettenroste je von $3{,}65 \times 4{,}9$ m, die speziell für die Verwendung des Brennschiefers entwickelt wurden.

Das Kraftwerk wird mit drei Turboaggregaten von je 21000 kW ausgerüstet, die Drehstrom von 50 Perioden und 10000 Volt Spannung liefern. Die Nebenbetriebe werden von einem 2500 kW Haus-Maschinensatz bedient.

Die Umspannanlage wird als Freiluftstation ausgebildet und enthält drei 22000 kVA wassergekühlte Öltransformatoren, die die rund 180 km lange 100000 Volt Fernleitung speisen. Diese führt gegen Osten nach Budapest, gegen Westen über Győr nach Moson—Magyaróvár, unweit der ungarisch-österreichischen Grenze. An diesen drei Orten wird je ein städtisches Freiluftunterwerk errichtet. Zur Speisung des elektrisierten Bahnbetriebes wird die Fernleitung an vier Stellen mittels Einphasentransformatoren angezapft und zwar in der Weise, daß zwei Bahnunterwerke an je eine Phase, und zwei Bahnunterwerke an die dritte Phase der Dreiphasenfernleitung angeschlossen werden. Hierdurch wird nach der durch die Verkehrsverhältnisse der einzelnen Streckenteile bestimmten Belastung der vier Unterwerkabschnitte eine gut ausgeglichene Verteilung der Einphasenlast auf das Drehstromnetz erzielt.

Die Bauarbeiten des Kraftwerkes und der Fernleitungsanlagen, die im Frühling vorigen Jahres begonnen wurden, sind z. Z. so weit vorgeschritten, daß die Stromlieferung gegen Budapest zu voraussichtlich Ende des Jahres 1929 aufgenommen werden kann. Die Zentrale soll zunächst 180 Millionen kWh jährlich nach außen abgeben, und zwar

100 Millionen kWh für die Hauptstadt selbst,
30 „ „ „ „ Umgebung von Budapest,
40 „ „ „ den elektrischen Bahnbetrieb,
10 „ „ „ Győr und Moson und deren Umgebung.

Gegenüber diesem sehr vorgeschrittenen Stand der Arbeiten der Krafterzeugungs- und Fernleitungsanlagen, ist die Elektrisierung der Bahn etwas zurückgeblieben. Das ist aber wohl verständlich, wenn man bedenkt, daß es sich um die Einführung eines neuen Systems auf der verkehrsreichsten und wichtigsten Linie Ungarns handelt, auf welcher alles mit erhöhter Vorsicht behandelt und bestimmt werden muß.

Die Strecke Budapest-Ost—Hegyeshalom Landesgrenze (Abb. 1) ist rund 192 km lang, durchwegs zweigleisig und mit schwerem Oberbau versehen. Der 93 km lange erste Abschnitt von Budapest bis Almásfüzitö führt über hügeliges Gelände mit langen Rampen von 6,67‰ Steigung bzw. Gefälle und mit zahlreichen Kurven von 400 m Halbmesser. Der 99 km lange zweite Abschnitt ist eine ausgesprochene Flachlandstrecke mit höchstens 1‰ Rampen und mit langen geraden Teilstrecken.

Nachdem die Linie derzeit die wichtigste Verbindung zwischen Ungarn und Westeuropa ist und auch durch das größte Kohlengebiet Ungarns führt, hat sie einen

*) v. Verebély: Die Grundzüge der Energiewirtschaft in Ungarn. E. u. M. Wien 1925, Heft 45.

starken Personen- und Güterverkehr. Ihre Jahresleistung beträgt derzeit rund 1500000 Tausend-Brutto-t/km, wovon 670000 Tausend-Brutto-t/km auf den Personenverkehr und 830000 Tausend-Brutto-t/km auf den Güterverkehr entfallen.

Zur Abwicklung des elektrischen Betriebes haben die Staatsbahnen zunächst zwei Lokomotivtypen vorgesehen, deren Bau durch die folgenden grundlegenden Daten bestimmt ist:

	Schnellzugtype	Güterzugtype
Achsfolge	1-D-1	0-F-0
Höchster Achsdruck . . . . t	16	16
Reibungsgewicht . . . . . . t	64	90
Gesamtgewicht . . . . t	92	90
Max. Gewicht a. d. Länge . t/m	6,8	6,8
Triebraddurchmesser . . . mm	1660	1250
Geschwindigkeitsstufen . km/h	25—50—75—100	19—37—56—75

Die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven ist durch die folgenden Zugleistungen gekennzeichnet:

1. Die Schnellzuglokomotive soll einen Zug von 600 t
   a) auf Strecken von 6,67‰ Steigung und 400 m Krümmungshalbmesser mit 75 km/Std. Geschwindigkeit,
   b) auf geraden Strecken von höchstens 1‰ Steigung mit 100 km/Std. Geschwindigkeit befördern.
2. Die Güterzuglokomotive soll einen Zug von 1400 t
   a) auf Strecken von 6,67‰ Steigung und 400 m Krümmungshalbmesser mit 37 km/Std. Geschwindigkeit,
   b) auf geraden Strecken mit höchstens 1‰ Steigung mit 56 km/Std. Geschwindigkeit
   und einen Zug von 800 t,
   c) auf Strecken von 6,67‰ Steigung und 400 m Krümmungshalbmesser mit 56 km/Std. Geschwindigkeit befördern.

Die elektrische Ausrüstung beider Lokomotivtypen ist vollkommen identisch und nur der mechanische Aufbau wird verschieden sein. Die Lokomotiven werden nur mit einem großen Motor ausgerüstet, dessen Stundenleistung auf Grund der obigen Zugleistungen sich zu rund 2700 PS oder 2000 kW ergibt.

Die ganze Strecke wird, wie oben erwähnt, von vier Unterwerken gespeist; die durchschnittliche Länge der Speiseabschnitte beträgt demnach 48 km.

Die Fahrleitung wird als Einheitsfahrleitung mit drehbaren Auslegern und einfacher Isolation ausgeführt, deren Type vom Elektrisierungsbüro der Staatsbahnen festgelegt wurde.

Die Ausführungsarbeiten sind bereits begonnen; es wird zunächst etwas über die Hälfte der Strecke bis Komárom (106 km) ausgerüstet, die bis Anfang Juni nächsten Jahres fertiggestellt werden soll. Die ersten elektrisch betriebenen Züge dürften somit aller Wahrscheinlichkeit nach im Herbst 1930 verkehren.

Zur Geometrie des Laufwerkes der Eisenbahnwagen.

Von Oberinspektor Ing. **Rónai**, Abteilungsvorstand, Direktion der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Hierzu Tafel 25.

A. Die Frage der führenden Achsen.

Keine der bestehenden zwischenstaatlichen und Vereinsbestimmungen enthalten Vorschriften über das Vorhandensein und die bauliche Beschaffenheit solcher Achsen, die den Wagen im Gleis führen und damit die Stellung des Wagens im Gleis geometrisch bestimmen. Es sei hier nur auf die vollendetsten aller Baubestimmungen, auf die Technischen Vereinbarungen des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen über den Bau und die Betriebseinrichtungen der Haupt- und Nebenbahnen (TV) verwiesen.

Die in den Bestimmungen über die
   a) Einschränkungen der Breitenmaße (§ 117),
   b) Vereinslenkachsen (§§ 119, 120, 124) und
   c) Wagenlängen und Überhänge (§ 125)

angeführten „Endachsen" wären sinngemäß dazu berufen, den Wagen im Gleis zu führen, die Lage des Wagens zu bestimmen.

Abgesehen davon, daß für die Beschaffenheit des Laufwerkes der Endachsen keine Bestimmungen bestehen, nach denen die Endachsen zugleich als „führende Achsen" betrachtet werden könnten, kann die Benennung „Endachse" den Begriff der „führenden Achse" auch deshalb nicht ersetzen, weil z. Z. auch Wagen mit mehr als zwei in gemeinsamem Rahmen gelagerten Radsätzen gebaut werden, die nicht durch ihre Endachsen geführt werden.

Über Endachsen enthalten übrigens die TV folgende Bestimmungen:

1. Nach § 120 Abs. 1 müssen bei Wagen mit Vereinslenkachsen die Ansätze der Achsbüchsen der Endachsen in der mittleren Stellung der Achse, im geraden Gleis senkrecht zur Ebene des Achshalters gemessen, mindestens 5 mm von diesem abstehen.

Diese Bestimmung ist bindend für ein Mindestmaß des Querspieles.

2. Im § 124 Abs. 2 ist das Mindestmaß des Querspieles der Mittelachse dreiachsiger Wagen bindend festgesetzt mit der Bemerkung (Abs. 3), daß es zulässig ist, das Querspiel der Mittelachse um den Betrag des Querspieles der Endachsen zu vermindern. Und da im vorangeführten § 120 für das Querspiel der Endachsen kein Höchstmaß festgesetzt ist, ist es statthaft, dieses so zu bemessen, daß es so groß oder sogar größer ist, als das für die Mittelachse vorgeschriebene Querspiel, so daß die Mittelachse sogar ohne Querspiel eingebaut werden könnte.

Ein solcher Wagen hätte nur eine bestimmte führende Achse: die Mittelachse. Dagegen wäre die zweite unbestimmt: entweder die eine oder die andere Endachse. Der Wagen hätte keine bestimmte Führung, sondern würde um die Mittelachse pendeln. Für diesen Wagen dürften die Bestimmungen des § 117 für die Einschränkung der Breitenmaße nicht wörtlich verwendet werden und müßte bei der Berechnung derselben für den Achsstand der Abstand der Mittelachse von der Endachse und für den einen Überhang die halbe Wagenlänge (!) angenommen werden.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß für die Berechnung der Wagenlängen und Überhänge die gesamte Querverschiebung der Endachsen gegen die Wagenmitte für Wagen und Drehgestelle mit 15 mm angenommen und in Rechnung gesetzt wurde. Wird den Endachsen ein größeres Querspiel gegeben, was nach obigem wohl zulässig ist, so wird das schon ohnehin von 100 mm auf 35 mm herabgesetzte Mindestmaß der Pufferüberdeckung, das für die Berechnung der Überhänge und der Puffertellerdurchmesser zugrunde gelegt wurde, nicht mehr gesichert.

Es ist zweifellos ein grundsätzlicher Fehler, derartig wichtige bindende Bestimmungen, wie die oben unter a bis c angeführten, auf so unstimmige Annahmen aufzubauen und bindende Maße festzusetzen, ohne jene Annahmen bindend vorzuschreiben, auf Grund deren die Berechnung der Maße und die Aufstellung der Bestimmungen erfolgte.

Nach obigem ist es unumgänglich erforderlich, Bestimmungen zu treffen, nach denen:

Zwei und nur zwei Achsen der Wagen und Drehgestelle zur Festlegung der geometrischen Stellung und zur Führung des Wagens oder des Drehgestelles im Gleis als führende Achsen gekennzeichnet werden, deren Querverschiebbarkeit genau mit der Angabe von Höchstmaßen bindend festgesetzt wird.

B. Querspiel der Zwischen- und Außenachsen.

Die außer den führenden Achsen vorhandenen Achsen der Wagen sind nur berufen, den auf sie entfallenden Gewichtsanteil des Wagens zu tragen, dürfen aber die durch die führenden Achsen bewirkte Einstellung des Wagens im Gleis nicht hindern, sie müssen sich vielmehr im Gleis so bewegen, daß ihr wagrechter Spurkranzdruck möglichst klein ist, um die Inanspruchnahme des Oberbaues und den Laufwiderstand durch Klemmen des Wagens im Gleis nicht zu erhöhen.

Um diese Schmiegsamkeit der Wagen zu sichern, muß solchen in dem gemeinsamen Rahmen eingebauten weiteren Achsen eine Verschiebungsmöglichkeit aus der Mittelstellung quer zur Längsachse des Wagens gegeben werden.

Diese weiteren Achsen können entweder zwischen den führenden Achsen oder außerhalb des festen Achsstandes gelagert werden und werden in den nachstehenden Berechnungen, je nach ihrer Lage, als Zwischenachsen oder Außenachsen bezeichnet.

Es bedeutet außerdem (siehe nachfolgende Abbildungen):

- q_i das Querspiel einer zwischen den führenden Achsen I und II gelagerten Zwischenachse J aus der Mittelstellung;
- q_a das Querspiel einer außerhalb der Achsen I und II gelegenen Außenachse A aus der Mittelstellung;
- R den Bogenhalbmesser;
- $2\sigma_I$ und $2\sigma_{II}$ den ganzen Spielraum der führenden Achsen I und II im Gleis;
- $2\sigma_i$ den ganzen Spielraum der Zwischenachse J im Gleis;
- $2\sigma_a$ den ganzen Spielraum der Außenachse A im Gleis;
- a den Achsstand der führenden Achsen;
- n den Abstand der Achse J oder A von der näher gelegenen führenden Achse.

Einleitend muß hier über die anzunehmenden Werte von σ folgendes aufgeklärt werden:

Das jeweilige Maß von σ hängt von der Spurweite des Gleises und von der Abnutzung der Spurkränze ab.

Es muß für die Berechnungen angenommen werden, daß die Spurkränze der Radsätze eines und desselben Wagens verschieden abgenutzt werden können und im äußersten Falle ist es möglich, daß unter den Radsätzen eines Wagens sowohl ganz neue, als auch vollabgenutzte Spurkränze vorkommen. Will man das größtmögliche Querspiel der Achsen J und A festsetzen, so darf nicht mit demselben Werte für σ gerechnet werden, sondern muß entweder σ_{max} oder σ_{min} in Rechnung gesetzt werden.

Unter σ_{max} und σ_{min} sind jedoch bei den Berechnungen nur die Relativ-Maxima und Relativ-Minima zugrunde zu legen, d. h. für einen Wagen kann nur ein und dieselbe Spurweite angenommen werden, da die Spurweite für die Länge des Wagens als gleichbleibend angenommen werden kann. (Es kann für σ_{max} nicht die zulässig breiteste Spur von 1,470 m und für σ_{min} die Regelspur von 1,435 m für denselben Wagen in Rechnung gesetzt werden.)

Bei den Berechnungen wird man die Werte σ_{max} und σ_{min} sowohl für die Regelspur von 1,435 m, als auch für die zulässig breiteste Spur von 1,470 m benötigen.

Der Wert von σ ergibt sich aus der Formel

$$2\sigma = 2\sigma' + 2\sigma'' + 2\sigma''',$$

in welcher Gleichung

- $2\sigma'$ das Gesamtquerspiel der neuen Spurkränze in der Regelspur,
- $2\sigma''$ die Gesamtabnutzung der beiden Spurkränze eines Radsatzes und
- $2\sigma'''$ die Spurerweiterung und die Gesamtabnutzung der beiden Schienen bedeutet.

Aus dieser Formel:

$$\sigma = \sigma' + \sigma'' + \sigma'''$$

und da, wie bekannt, $\sigma' = 0{,}0055$ m ein feststehendes Maß ist, folgt:

$$\sigma = 0{,}0055 + \sigma'' + \sigma'''.$$

Aus diesen Formeln ergeben sich:

α) Die Werte von σ_{min} und σ_{max} in der Regelspur von 1,435 m, wenn also

$$\sigma''' = 0.$$

a) $\sigma_{min} = 0{,}0055 + \sigma''_{min} + 0$, und da für neue Radreifen $\sigma''_{min} = 0$ ist wird

$$\underline{\sigma_{min} = \sigma' = 0{,}0055 \text{ m.}}$$

b) Weiter ergibt sich:

$\sigma_{max} = 0{,}0055 + \sigma''_{max} + 0$, und da für voll abgenutzte Radreifen

$$\sigma''_{max} = \frac{1{,}426 - 1{,}410}{2} = 0{,}008 \text{ m}$$

ist, erhalten wir

$$\underline{\sigma_{max} = 0{,}0055 + 0{,}008 = 0{,}0135 \text{ m.}}$$

β) Die Werte von σ_{min} und σ_{max} in der bis zur zulässigen Grenze nach § 2 Abs. 2 der TV erweiterten Spur von 1,470 m, wenn also

$$\sigma''' = \frac{1{,}470 - 1{,}435}{2} = 0{,}0175 \text{ m,}$$

ergeben sich zu:

a) $\sigma_{min} = 0{,}0055 + \sigma''_{min} + 0{,}0175$, und da für neue Radreifen $\sigma''_{min} = 0$ ist, wird

$$\underline{\sigma_{min} = 0{,}023 \text{ m.}}$$

b) $\sigma_{max} = 0{,}0055 + \sigma''_{max} + 0{,}0175$ und da für vollabgenutzte Radreifen wie oben berechnet wurde, $\sigma''_{max} = 0{,}008$m ist, ergibt sich für

$$\underline{\sigma_{max} = 0{,}0055 + 0{,}008 + 0{,}0175 = 0{,}031 \text{ m.}}$$

Wird nun der Grundsatz beibehalten, daß für die Berechnungen der ungünstigste Fall anzunehmen ist, so ist für die Berechnung der Werte q_i der Sehnenlauf, als eine in der Wirklichkeit mögliche Stellung und für die Werte q_a der Spießgang zugrunde zu legen, wie dies bei der Berechnung der Breiteneinschränkungen nach der TE angenommen wurde.

Werden dagegen für den Vorgang die Berechnungsgrundlagen der TV (Ausgabe 1909) der Breiteneinschränkungen der zwei- und dreiachsigen Wagen angenommen, so sind auch die Werte q_i für spießgängig laufende Wagen zu errechnen.

1. Ermittlung der Werte q_i (Querspiel der Zwischenachsen).

a) Sehnenlauf an der inneren Schiene (Textabb. 1).

$$q_i = \frac{an - n^2}{2\,R} - \sigma_i + \frac{a - n}{a}\sigma_{II} + \frac{n}{a}\sigma_I;$$

q_i wird für gegebene Werte von a, n und R dann am größten, wenn $\sigma_I = \sigma_{II} = \sigma_{max}$ und $\sigma_i = \sigma_{min}$ ist.

Mit Einsetzen dieser Werte wird:

$$q_i = \frac{an - n^2}{2\,R} + (\sigma_{max} - \sigma_{min}).$$

In der Regelspur ist:

$$E' = \sigma'_{max} - \sigma'_{min} = 0{,}008\ \mathrm{m},$$

in der erweiterten Spur ist:

$$E'' = \sigma''_{max} - \sigma''_{min} = 0{,}008\ \mathrm{m}, = E'$$

demnach ergibt sich für den Sehnenlauf:

$$q_i = \frac{an - n^2}{2\,R} + 0{,}008 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad J$$

unabhängig davon, ob der Wagen in Regelspur oder in erweiterter Spur läuft.

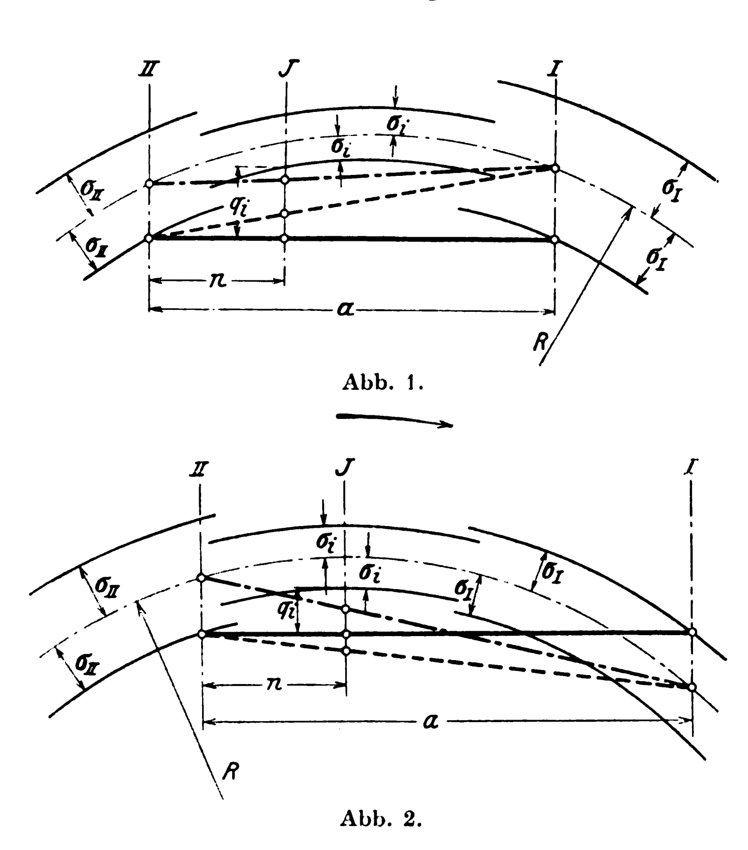


Abb. 1.

Abb. 2.

Die mittels dieser Gleichung für den Bogenhalbmesser von 180 m errechneten Werte von q_i können für die gegebenen Werte von a und n den Schaulinien auf Taf. 25, Abb. 1 entnommen werden.

Der Höchstwert von q_i für gegebene Werte von a und R ist dort zu suchen, wo

$$\frac{d}{dn}\, q_i = 0$$

$$\frac{a - 2n}{2\,R} = 0$$

$$(n) = \frac{a}{2},$$

also in der Mitte zwischen den führenden Achsen, und der jeweilige Höchstwert ist:

$$q_{i\,max} = \frac{a^2}{8\,R} + 0{,}008 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad J_{max}$$

Die geometrische Stelle dieser Maxima wird durch die Umhüllungsparabel der Geraden dargestellt.

b) Spießgang (Textabb. 2):

$$q_i = \frac{an - n^2}{2\,R} - \sigma_i + \frac{a - n}{a}\,\sigma_{II} - \frac{n}{a}\,\sigma_I;$$

q_i wird für gegebene Werte von a, n und R dann am größten, wenn

$$\sigma_{II} = \sigma_{max}$$
$$\sigma_I = \sigma_i = \sigma_{min} \text{ ist.}$$

Nach Einsetzen dieser Werte wird:

$$q_i = \frac{an - n^2}{2\,R} + (\sigma_{max} - \sigma_{min}) - \frac{n}{a}\,(\sigma_{max} + \sigma_{min}).$$

In der Regelspur wird der Ausdruck

$$E' = \sigma'_{max} - \sigma'_{min} - \frac{n}{a}\,(\sigma'_{max} + \sigma'_{min}) = 0{,}008 - 0{,}019\,\frac{n}{a}$$

und in der erweiterten Spur von 1,470 m

$$E'' = \sigma''_{max} - \sigma''_{min} - \frac{n}{a}\,(\sigma''_{max} + \sigma''_{min}) = 0{,}008 - 0{,}054\,\frac{n}{a}$$

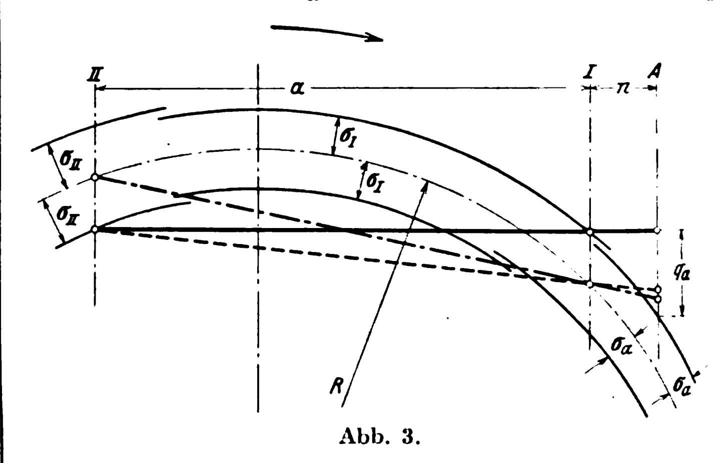


Abb. 3.

und da

$E' > E''$ ist, so ist E' der ungünstigere Fall.

Er tritt ein, wenn der Bogen regelspurig ausgeführt ist:

$$q_i = \frac{an - n^2}{2\,R} + 0{,}008 - 0{,}019\,\frac{n}{a} \quad \ldots\ldots\ldots \quad J$$

Der Höchstwert von q_i für gegebene Werte von a und R ist dort zu suchen, wo

$$\frac{d}{dn}\, q_i = 0$$

$$\frac{a - 2n}{2\,R} - \frac{0{,}019}{a} = 0, \text{ d. h.}$$

$$[n] = \frac{a}{2} - 0{,}019\,\frac{R}{a}$$

und

$$q_{i\,max} = \frac{a^2}{8\,R} + \frac{0{,}0001805}{a^2}\,R - 0{,}0015 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad J_{max}$$

Abb. 2, Taf. 25 stellt den Zusammenhang des Querspiels der Zwischenachse mit den Achsständen a der führenden Achsen und den Abständen n, für den Halbmesser R = 180 m dar.

Die Umhüllungskurve gibt die geometrischen Stellen der mittels der Formel J_{max} angegebenen Maxima an.

Der Tafelabb. 3 ist für jeden Achsstand a der führenden Achsen, sowohl für den Sehnenlauf, wie für den Spießgang, jener Abstand n der Zwischenachse zu entnehmen, in welchem für die Zwischenachse das größte Querspiel erforderlich ist.

2. Ermittlung der Werte q_a (Querspiel der Außenachsen). (Textabb. 3).

Hier wird nur die Spießgangstellung untersucht.

$$q_a = \frac{an + n^2}{2\,R} - \sigma_a + \frac{n}{a}\,\sigma_{II} + \frac{a + n}{a}\,\sigma_I$$

q_a wird für gegebene Werte von a, n und R dann am größten, wenn

$$\sigma_I = \sigma_{II} = \sigma_{max}$$
$$\text{und } \sigma_a = \sigma_{min} \text{ ist.}$$

Nach Einsetzen dieser Werte wird

$$q_a = \frac{an + n^2}{2R} + (\sigma_{max} - \sigma_{min}) + 2\frac{n}{a}\sigma_{max}.$$

In der Regelspur wird der Ausdruck

$$F' = (\sigma'_{max} - \sigma'_{min}) + 2\frac{n}{a}\sigma'_{max} = 0{,}008 + 0{,}027\frac{n}{a}$$

und in der erweiterten Spur von 1,470 m

$$F'' = (\sigma''_{max} - \sigma''_{min}) + 2\frac{n}{a}\sigma''_{max} = 0{,}008 + 0{,}062\frac{n}{a}$$

und da: $F'' > F'$,

so ergibt sich für den ungünstigeren Fall, d. i. wenn der Bogen in erweiterter Spur ausgeführt ist:

$$q_a = \frac{an + n^2}{2R} + 0{,}008 + 0{,}062\frac{n}{a} \quad \ldots\ldots\ldots \text{A.}$$

Die graphische Ermittlung kann mit Hilfe der Schaulinien der Tafelabb. 4 für den Bogenhalbmesser von R = 180 m erfolgen.

Wird der äußerste Wert von q_a als Funktion des Achsstandes a gesucht, so gilt für denselben:

$$\frac{d}{da}q_a = \frac{n}{2R} - 0{,}062\frac{n}{a^2} = 0$$

$$a = \sqrt{0{,}124\,R}$$

Für R = 180 m ist a = 4,724 m, unabhängig von dem Werte n — und da

$$\frac{d^2}{da^2}q_a = 0{,}124\frac{n}{a^3} > 0 \text{ ist,}$$

ist dieser äußerste Wert ein Minimum.

Die untersten Punkte der Linien n liegen in einer Lotrechten — und zwar entspricht diese für R = 180 m dem Achsstande a = 4,724 m.

Verteilung der Masse der Treibstange auf den Kreuzkopf und Kurbelzapfen.

Von Oberingenieur **Emmerich von Kisfaludy**, Direktion der kön. ungar. Staatsbahnen.

Im Anschluß an meine im „Organ“, Jahrgang 1928, Heft 1, Seite 1 bis 7, erschienene Abhandlung, gebe und beweise ich folgende Regel für die Massenverteilung der Treibstange:

Ist für die Treibstange gegeben:

M die gesamte Masse,
l die Länge zwischen den zwei Zapfenmitten,
s die Entfernung des Schwerpunktes von Kurbelzapfenmitte,
Θ das Trägheitsmoment, bezogen auf die durch den Schwerpunkt gehende und auf der Bewegungsebene der Treibstange senkrechte Achse, so ist:

I. die auf den Kurbelzapfen entfallende Masse:

$$M_F = M\frac{(l-s)^2}{l^2} + \frac{\Theta}{l^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 1)$$

II. die auf den Kreuzkopf entfallende Masse:

$$M_K' = M - M_F \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 2)$$

Die nach dieser Regel auf den Kurbelzapfen und Kreuzkopf verteilten Massen M_F und M_K' beanspruchen den Kurbelzapfen mit den annähernd oder genau gleichen Kräften, wie die unverteilte Masse der Treibstange.

Nach meiner früheren Abhandlung entfällt:

1. auf den Kurbelzapfen:

a) die reelle konstante Masse

$$M_F = \frac{M(l-s)^2}{l^2} + \frac{\Theta}{l^2}$$

b) die ideelle veränderliche Masse

$$M_F^v = \left[M - \frac{\Theta}{s}\cdot\frac{1}{(l-s)}\right]\frac{(l-s)\,s}{l^2}\,\mu = M^v\mu \quad \ldots\ldots 3)$$

mit:

$$\left[M - \frac{\Theta}{s}\cdot\frac{1}{l-s}\right]\frac{(l-s)\cdot s}{l^2} = M^v \quad \ldots\ldots 4)$$

2. auf den Kreuzkopf:

a) die reelle konstante Masse

$$M_K = \frac{Ms^2}{l^2} + \frac{\Theta}{l^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 5)$$

b) die ideelle veränderliche Masse

$$M_K^v = \left[M - \frac{\Theta}{s}\cdot\frac{1}{s\,(l-s)}\right]\frac{(l-s)\,s}{l^2}\cdot\nu = M^v\cdot\nu \quad \ldots 6)$$

Hierbei ist:

$$M = M_F + M_K + 2M^v; \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 7)$$

ferner sind:

$$\mu = \frac{\lambda\cos\alpha\cdot\cos\beta + \lambda^2\cos 2\alpha + \frac{\lambda^4}{4}\frac{\sin^2 2\alpha}{\cos^2\beta}}{\cos^2\beta + \lambda\cos\alpha\cdot\cos\beta} \quad \ldots 8)$$

und:

$$\nu = \frac{\frac{\mu}{\lambda}\cos\beta + \cos\alpha}{\cos\alpha + \lambda\frac{\cos 2\alpha}{\cos\beta} + \frac{\lambda^3}{4}\frac{\sin^2 2\alpha}{\cos^3\beta}} \quad \ldots\ldots 9)$$

mit der Kurbelstellung veränderliche Größen. Die Größe λ ist das Verhältnis von Kurbelhalbmesser zur Treibstangenlänge: $\lambda = \frac{r}{l}$; die Winkel α und β sind aus Abb. 1 ersichtlich.

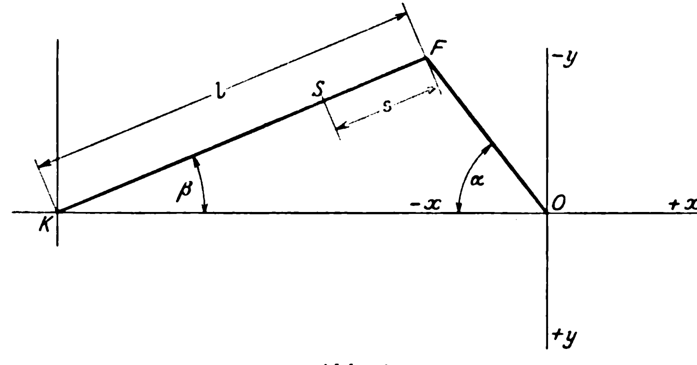


Abb. 1.

Die reelle konstante Masse M_F läßt sich ohne weiteres auf den Kurbelzapfen, die reelle konstante Masse M_K auf den Kreuzkopf verlegen.

Die ideellen veränderlichen Massen M_F^v und M_K^v verteile ich nach folgender Überlegung: Eine sich mit gleichmäßiger Winkelgeschwindigkeit ω drehende Kurbel vom Halbmesser r erzeugt: am Kurbelzapfen die Beschleunigung: $\omega^2 r$ und am Kreuzkopf die Beschleunigung:

$$\omega^2 r\left(\cos\alpha + \lambda\frac{\cos 2\alpha}{\cos\beta} + \frac{\lambda^3}{4}\frac{\sin^2 2\alpha}{\cos^3\beta}\right).$$

Diese Beschleunigungen mit M_F^v und M_K^v multipliziert ergeben die Kräfte, welche die ideellen veränderlichen Massen hervorrufen — und zwar am Kurbelzapfen die Kraft:

$$P_F^i = M^v\mu\,\omega^2 r \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 10)$$

und am Kreuzkopf die Kraft:

$$P_K^i = M^v\cdot\nu\cdot\omega^2 r\left(\cos\alpha + \lambda\frac{\cos 2\alpha}{\cos\beta} + \frac{\lambda^3}{4}\frac{\sin^2 2\alpha}{\cos^3\beta}\right) \quad \ldots 11)$$

Beide Kräfte werden auf diese ideellen veränderlichen Massen von außen wirkend angenommen.

Die Kraft am Kurbelzapfen liegt in jeder Stellung der Kurbel in der Richtung des Kurbelarmes, während die Kraft am Kreuzkopf immer in die Richtung O — K fällt.

Zahlentafel 1. Werte von φ_1.

Kurbelwinkel °	$\lambda = 1/4$	$\lambda = 1/5$	$\lambda = 1/6$	$\lambda = 1/7$	$\lambda = 1/8$	$\lambda = 1/9$	$\lambda = 1/10$
0, 180, 360	0	0	0	0	0	0	0
+ 15, 345	± 0,0626	± 0,0504	± 0,0417	± 0,0357	± 0,0313	± 0,0278	± 0,0250
+ 30, 330	± 0,1092	± 0,0871	± 0,0724	± 0,0620	± 0,0542	± 0,0482	± 0,0433
+ 45, 315	± 0,1270	± 0,1010	± 0,0839	± 0,0718	± 0,0627	± 0,0557	± 0,0501
+ 60, 300	± 0,1109	± 0,0879	± 0,0729	± 0,0624	± 0,0544	± 0,0483	± 0,0435
+ 75, 285	± 0,0644	± 0,0510	± 0,0422	± 0,0361	± 0,0315	± 0,0279	± 0,0251
+ 90, 270	0	0	0	0	0	0	0
+ 105, 255	∓ 0,0644	∓ 0,0510	∓ 0,0422	∓ 0,0361	∓ 0,0315	∓ 0,0279	∓ 0,0251
+ 120, 240	∓ 0,1109	∓ 0,0879	∓ 0,0729	∓ 0,0624	∓ 0,0544	∓ 0,0483	∓ 0,0435
+ 135, 225	∓ 0,1270	∓ 0,1010	∓ 0,0839	∓ 0,0718	∓ 0,0627	∓ 0,0557	∓ 0,0501
+ 150, 210	∓ 0,1092	∓ 0,0871	∓ 0,0724	∓ 0,0620	∓ 0,0542	∓ 0,0482	∓ 0,0433
+ 165, 195	∓ 0,0626	∓ 0,0504	∓ 0,0417	∓ 0,0357	∓ 0,0313	∓ 0,0278	∓ 0,0250

Zahlentafel 2. Werte von φ_2.

0, 270	— 1,2500	— 1,2000	— 1,1667	— 1,1429	— 1,1250	— 1,1111	— 1,1000
15, 345	— 1,1840	— 1,1400	— 1,1129	— 1,0900	— 1,0744	— 1,0623	— 1,0528
30, 330	— 0,9950	— 0,9681	— 0,9505	— 0,9381	— 0,9290	— 0,9220	— 0,9163
45, 315	— 0,7111	— 0,7091	— 0,7083	— 0,7078	— 0,7076	— 0,7075	— 0,7074
60, 300	— 0,3750	— 0,4000	— 0,4167	— 0,4284	— 0,4375	— 0,4445	— 0,4500
75, 285	— 0,0366	— 0,0826	— 0,1128	— 0,1340	— 0,1498	— 0,1620	— 0,1718
90, 270	+ 0,2580	+ 0,2040	+ 0,1690	+ 0,1443	+ 0,1260	+ 0,1118	+ 0,1006
105, 255	+ 0,4890	+ 0,4350	+ 0,4048	+ 0,3836	+ 0,3678	+ 0,3556	+ 0,3459
120, 240	+ 0,6250	+ 0,6000	+ 0,5833	+ 0,5715	+ 0,5625	+ 0,5555	+ 0,5500
135, 225	+ 0,7031	+ 0,7051	+ 0,7059	+ 0,7064	+ 0,7066	+ 0,7067	+ 0,7069
150, 210	+ 0,7370	+ 0,7640	+ 0,7815	+ 0,7940	+ 0,8031	+ 0,8101	+ 0,8157
165, 195	+ 0,7478	+ 0,7918	+ 0,8189	+ 0,8419	+ 0,8574	+ 0,8695	+ 0,8791
180	+ 0,7500	+ 0,8000	+ 0,8333	+ 0,8571	+ 0,8750	+ 0,8889	+ 0.9000

Zahlentafel 3. Werte von φ_3.

0, 180, 360	0	0	0	0	0	0	0
+ 15, 345	± 0,0768	± 0,0592	± 0,0481	± 0,0403	± 0,0347	± 0,0306	± 0,0274
+ 30, 330	± 0,1255	± 0,0974	± 0,0796	± 0,0672	± 0,0582	± 0,0514	± 0,0459
+ 45, 315	± 0,1276	± 0,1013	± 0,0842	± 0,0719	± 0,0628	± 0,0558	± 0,0502
+ 60, 300	± 0,0795	± 0,0704	± 0,0608	± 0,0535	± 0,0476	± 0,0430	± 0,0392
+ 75, 285	± 0,0091	± 0,0163	± 0,0184	± 0,0187	± 0,0182	± 0,0175	± 0,0167
+ 90, 270	∓ 0,0667	∓ 0,0416	∓ 0,0286	∓ 0,0208	∓ 0,0159	∓ 0,0125	∓ 0,0101
+ 105, 255	∓ 0,1198	∓ 0,0856	∓ 0,0660	∓ 0,0534	∓ 0,0447	∓ 0,0383	∓ 0,0335
+ 120, 240	∓ 0,1388	∓ 0,1056	∓ 0,0851	∓ 0,0712	∓ 0,0612	∓ 0,0537	∓ 0,0478
+ 135, 225	∓ 0,1263	∓ 0,1007	∓ 0,0838	∓ 0,0718	∓ 0,0626	∓ 0,0557	∓ 0,0502
+ 150, 210	∓ 0,0930	∓ 0,0769	∓ 0,0654	∓ 0,0569	∓ 0,0505	∓ 0,0452	∓ 0,0409
+ 165, 195	∓ 0,0485	∓ 0,0411	∓ 0,0354	∓ 0,0312	∓ 0,0278	∓ 0,0250	∓ 0,0228

Zahlentafel 4. Werte von φ_4.

0, 180, 360	0	0	0	0	0	0	0
+ 15, 345	∓ 0,0142	∓ 0,0088	∓ 0,0064	∓ 0,0046	∓ 0,0034	∓ 0,0028	∓ 0,0024
+ 30, 330	∓ 0,0163	∓ 0,0103	∓ 0,0072	∓ 0,0052	∓ 0,0040	∓ 0,0032	∓ 0,0026
+ 45, 315	∓ 0,0006	∓ 0,0003	∓ 0,0003	∓ 0,0001	∓ 0,0001	∓ 0,0001	∓ 0,0001
+ 60, 300	∓ 0,0314	∓ 0,0175	∓ 0,0121	∓ 0,0089	∓ 0,0068	∓ 0,0053	∓ 0,0043
+ 75, 285	± 0,0553	± 0,0347	± 0,0238	± 0,0174	± 0,0133	± 0,0104	± 0,0084
+ 90, 270	± 0,0667	± 0,0416	± 0,0286	± 0,0208	± 0,0159	± 0,0125	± 0,0101
+ 105, 255	± 0,0554	± 0,0346	± 0,0238	± 0,0173	± 0,0132	± 0,0104	± 0,0084
+ 120, 240	± 0,0279	± 0,0177	± 0,0122	± 0,0088	± 0,0068	± 0,0054	± 0,0043
+ 135, 225	∓ 0,0007	∓ 0,0003	∓ 0,0001	∓ 0,0000	∓ 0,0000	∓ 0,0000	∓ 0,0001
+ 150, 210	∓ 0,0162	∓ 0,0102	∓ 0,0070	∓ 0,0051	∓ 0,0037	∓ 0,0030	∓ 0,0024
+ 165, 195	∓ 0,0141	∓ 0,0089	∓ 0,0063	∓ 0,0045	∓ 0.0035	∓ 0,0028	∓ 0,0022

Die positive Richtung der betrachteten Kräfte ist nach Annahme am Kurbelzapfen die Richtung F — O, am Kreuzkopf die Richtung K — O.

Um über die Wirkung der Kräfte $P_F{}^i$ und $P_K{}^i$ einen Aufschluß zu bekommen, sind die Kräfte, die auf die Führungspunkte F und K der Treibstange wirken, zu bestimmen.

Wir nehmen nach Abb. 1 ein Koordinatensystem XY mit dem Ursprung O an und bestimmen die parallel zu den Koordinatenachsen auftretenden Kräfte, welche auf den Führungspunkt F (Kurbelzapfen) wirken.

Die am Führungspunkt K (Kreuzkopf) zur Kreuzkopfführung senkrecht, also zur Y-Achse parallel wirkenden Kräfte kommen nicht in Betracht, da sie nicht auf den Kurbelzapfen wirken und sie daher im Sinne meiner nach Gleichung 2) gemachten Erklärung nicht in den Rahmen meiner Untersuchung fallen.

Die gesuchten Kräfte können ohne weiteres bestimmt werden:

Auf den Führungspunkt F wirkt:

a) parallel zur X-Achse die Kraft:

$$P_X{}^F = -P_F{}^i \cos\alpha - P_K{}^i = M^v \omega^2 r\left(\mu\cos\alpha + \frac{\mu}{\lambda}\cos\beta + \cos\alpha\right) \quad .. 12)$$

b) parallel zur Y-Achse die Kraft:

$$P_y{}^F = -P_F{}^i \sin\alpha + P_K{}^i \operatorname{tg}\beta = -M^v \omega^2 r \left[\mu\sin\alpha - \left(\frac{\mu}{\lambda}\cos\beta + \cos\alpha\right)\operatorname{tg}\beta\right] \quad \ldots\ldots 13)$$

Die Gleichungen für $P_x{}^F$ und $P_y{}^F$ entwickle ich weiter:

a) $$P_x{}^F = -M^v \omega^2 r\left(\mu\cos\alpha + \frac{\mu}{\lambda}\cos\beta + \cos\alpha\right) =$$

$$= -M^v \omega^2 r\left(2\cos\alpha + \lambda\frac{\cos 2\alpha}{\cos\beta} + \frac{\lambda^3}{4}\frac{\sin^2 2\alpha}{\cos^3\beta}\right) =$$

$$= -M^v \omega^2 r\left(\cos\alpha + \lambda\frac{\cos 2\alpha}{\cos\beta} + \frac{\lambda^3}{4}\frac{\sin^2 2\alpha}{\cos^3\beta}\right) - M^v\omega^2 r\cos\alpha \quad ..14)$$

da: $\mu\cos\alpha + \frac{\mu}{\lambda}\cos\beta + \cos\alpha = \mu\left(\cos\alpha + \frac{\cos\beta}{\lambda}\right) + \cos\alpha$

und nach Gleichung 8):

$$\mu = \frac{\lambda\cos\alpha\cos\beta + \lambda^2\cos 2\alpha + \frac{\lambda^4}{4}\frac{\sin^2 2\alpha}{\cos^2\beta}}{\cos^2\beta + \lambda\cos\alpha\cos\beta} = \frac{\cos\alpha + \lambda\frac{\cos 2\alpha}{\cos\beta} + \frac{\lambda^3}{4}\frac{\sin^2 2\alpha}{\cos^3\beta}}{\frac{\cos\beta}{\lambda} + \cos\alpha}$$

ist.

b) $$P_y{}^F = -M^v \omega^2 r\left[\mu\sin\alpha - \left(\frac{\mu}{\lambda}\cos\beta + \cos\alpha\right)\operatorname{tg}\beta\right] =$$

$$= +M^v\omega^2 r\lambda\frac{\sin 2\alpha}{2\cos\beta} = M^v\omega^2 r\varphi_1 \quad \ldots\ldots 15)$$

da bei der bestehenden Beziehung $\sin\beta = \lambda\sin\alpha$ der Ausdruck: $\mu\sin\alpha - \left(\frac{\mu}{\lambda}\cos\beta + \cos\alpha\right)\operatorname{tg}\beta = \mu\left(\sin\alpha - \frac{\sin\beta}{\lambda}\right) - \cos\alpha \,.\, \operatorname{tg}\beta = -\cos\alpha\operatorname{tg}\beta = -\lambda\frac{\sin 2\alpha}{2\cos\beta}$

wird und ich für den Ausdruck $\lambda\frac{\sin 2\alpha}{2\cos\beta}\ldots\ldots\varphi_1$ setze.

Die Zahlenwerte für φ_1 sind in der Zahlentafel 1 S. 358 für $\lambda = {}^1/_4 - {}^1/_{10}$ gegeben:

Mit den Gleichungen 14) und 15) sind die auf den Führungspunkt F der Treibstange (Kurbelzapfen) wirkenden, durch die ideellen veränderlichen Massen hervorgerufenen Kräfte bestimmt.

Eine am Kreuzkopf angebracht gedachte reelle konstante Masse von der Größe M^v würde am Kurbelzapfen folgende, nach der X- und Y-Achse zerlegte Kräfte hervorrufen:

$$P_x{}^{F'} = -M^v\omega^2 r\left(\cos\alpha + \lambda\frac{\cos 2\alpha}{\cos\beta} + \frac{\lambda^3}{4}\frac{\sin^2 2\alpha}{\cos^3\beta}\right) = +M^v\omega^2 r\varphi_2 \quad \ldots\ldots 16)$$

$$P_y{}^{F'} = M^v\omega^2 r\left(\cos\alpha + \lambda\frac{\cos 2\alpha}{\cos\beta} + \frac{\lambda^3}{4}\frac{\sin^2 2\alpha}{\cos^3\beta}\right)\operatorname{tg}\beta = M^v\omega^2 r\varphi_3 \quad \ldots\ldots 17)$$

Der Unterschied in der Größe der Kräfte, welche durch die ideellen veränderlichen Massen $M^v{}_F$, $M^v{}_K$ und die am Kreuzkopf angebracht gedachte reelle konstante Masse von der Größe M^v am Kurbelzapfen hervorgerufen werden, beträgt:

$$P_x{}^{F''} = P_x{}^F - P_x{}^{F'} = -M^v\omega^2 r\cos\alpha \quad \ldots 18)$$

$$P_y{}^{F''} = P_y{}^F - P_y{}^{F'} = M^v\omega r\left[\lambda\frac{\sin 2\alpha}{2\cos\beta} - \left(\cos\alpha + \lambda\frac{\cos 2\alpha}{\cos\beta} + \frac{\lambda^3}{4}\frac{\sin^2 2\alpha}{\cos^3\beta}\right)\operatorname{tg}\beta\right] = M^v\omega^2 r(\varphi_1 - \varphi_3) = M^v\omega^2 r\varphi_4 \quad ..19)$$

Die Zahlenwerte für φ_2, φ_3 und φ_4 sind in den Zahlentafeln 2, 3 und 4 auf S. 358 für $\lambda = {}^1/_4 - {}^1/_{10}$ gegeben.

Nach Gleichung 7) ist die Masse der Treibstange $M = M_F + M_K + 2 M^v$; von dieser Masse habe ich bereits M_F auf den Kurbelzapfen, M_K und M^v auf den Kreuzkopf verteilt.

Die restliche Masse M^v könnte ich als reelle konstante Masse am Kurbelzapfen angebracht denken. Sie würde nämlich am Kurbelzapfen Kräfte hervorrufen, deren Komponente in der X-Achse mit dem Größenunterschiede der Kräfte nach Gleichung 18) übereinstimmt. Ihre Komponente in der Y-Achse würde jedoch $-M^v\omega^2 r\sin\alpha$ sein und dem Größenunterschied der Kräfte nach Gleichung 19): $M^v\omega^2 r\varphi_4$ nicht entsprechen.

Es ist zweckmäßiger, die restliche Masse von der Größe M^v als reelle konstante Masse statt am Kurbelzapfen gleichfalls am Kreuzkopf angebracht zu denken und dabei anzunehmen, daß die durch diese restliche Masse von der Größe M^v am Kurbelzapfen hervorgerufenen Kräfte nicht durch die ihrer dynamischen Wirkung entsprechenden Gleichungen 16) und 17), sondern durch die Gleichungen 18) und 19) bestimmt sind.

Auf Grund meiner Ausführungen ist es jetzt möglich, die dynamische Wirkung der Treibstange auf den Kurbelzapfen durch Verteilung ihrer Masse nach folgender Regel genau zu erfassen:

Von der Treibstangenmasse $M = M_F + M_K + 2 M^v$ ist die Masse M_F auf den Kurbelzapfen und die Masse $M - M_F = M_K + 2 M^v$ auf den Kreuzkopf zu verlegen. Dabei muß die Annahme gemacht werden, daß der eine Massenteil M^v von $2 M^v$ am Kurbelzapfen den Gleichungen 18) und 19) entsprechende Kräfte hervorruft.

Die Ausdrücke für M_F, M_K und M^v sind in den Gleichungen 1), 5) und 4) gegeben.

Die am Kurbelzapfen durch die Treibstangenmasse hervorgerufenen Kräfte sind durch folgende, die bekannten Teilmassen M_F, M_K und M^v enthaltende und auf ein Achsensystem nach Abb. 1 bezogene Ausdrücke bestimmt:

Kräfte in der Richtung der X-Achse:

$$\underline{(M_K + M^v)\omega^2 r\varphi_2 - M^v\omega^2 r\cos\alpha - M_F\omega^2 r\cos\alpha =}$$

$$\underline{= \{(M_K + M^v)\varphi_2 - (M_F + M^v)\cos\alpha\}\omega^2 r} \quad \ldots 20)$$

Kräfte in der Richtung der Y-Achse:

$$\underline{(M_K + M^v)\omega^2 r\varphi_3 + M^v\omega^2 r\varphi_4 - M_F\omega^2 r\sin\alpha =}$$

$$\underline{= \{(M_K + M^v)\varphi_3 + M^v\varphi_4 - M_F\sin\alpha\}\omega^2 r} \quad \ldots 21)$$

Der zahlenmäßige Wert der Kräfte nach Gleichung 20) und 21) ist für eine gegebene Treibstange mit einer Verhältniszahl von $\lambda = {}^1/_4 - {}^1/_{10}$ mit Hilfe der Zahlentafeln 2, 3 und 4 leicht festzustellen.

Die angegebene Methode der Massenverteilung und Kräftebestimmung habe ich an einem Beispiel mit dem Verfahren von Mohr verglichen und damit gute Übereinstimmung gefunden. Sie hat den Vorteil, das wenig genaue zeichnerische Verfahren zur Bestimmung der Massenkräfte der Treibstange zu vermeiden.

Ich habe die Treibstangen der Lokomotiven Serie 424, 327 und 22 der k. ung. Staatseisenbahnen, welche ich als Beispiel im „Organ", Jahrgang 1928, Heft 1, Seite 6, behandelt habe, untersucht und nach den gegebenen Regeln für diese $M_F = 52,68\,\%$, $52\,\%$ und $54,82\,\%$ der ganzen Treibstangenmasse gefunden. Es ist also die übliche Annahme von $60\,\%$ ungenau.

Es liegt in der Hand des Konstrukteurs, die zu entwerfende Treibstange so zu gestalten, daß für diese $M^v = 0$ wird. Für eine Treibstange mit $M^v = 0$ sind die durch ihre Masse am Kurbelzapfen hervorgerufenen Kräfte durch Verteilung der Masse auf M_F und M_K schon vollkommen bestimmt.

Mein Verfahren gibt dem Konstrukteur einen Überblick über die dynamischen Eigenschaften der Treibstange; er kann sie innerhalb der möglichen Grenzen nach gewünschten dynamischen Bedingungen entwerfen.

Das kön. ungar. Verkehrsmuseum.

Von Ministerialrat Dr. Ing. **Julius von Geduly**, Museumsdirektor.

Museen sind eigentlich eine Art von Katakomben: Aufbewahrungsstätten des Dahingegangenen, des Alten, des Geschichtlichen.

Aber die unwiderstehliche Einwirkung, die die ungeahnte Entwicklung des Verkehrswesens auf die Umwälzung aller Betätigungen des Menschenlebens ausübte, forderte unabweisbar die Verewigung alles dessen, was auf dem Gebiete des Verkehrs fortschreitend geschehen war. So entstanden durch Zusammentragung reichen Stoffes die Verkehrsmuseen und als eines der ersten auf dem Festlande das k. ung. Verkehrsmuseum.

Museen ähneln aber auch Glashäusern, an deren Inhalt man sich ergötzt und aus denen neues Leben sprießt. Das im Museum Gesehene gibt Anregung und aus der Lernbegierde entsteht Vertiefung, fortzeugend aber Vervollkommnung und Neuerungen.

Ungarn beschloß, 1896 sein tausendjähriges Bestehen durch Veranstaltung einer großangelegten Landesausstellung zu feiern. Selbstverständlich gebührte hierbei dem Verkehrswesen ein hervorragend würdiger Platz. Die Eisenbahn — obwohl damals das jüngste Verkehrskind — bekam das größte abgesonderte Ausstellungsgebäude; die viel älteren, Jahrhunderte und Jahrtausende alten Verkehrsmittel: Straße, See- und Flußschiffahrt, Post und Telegraph ebenfalls abgesonderte Räume.

Da wurde nun alles zusammengetragen, was im Verkehrswesen an Plänen, Karten, Bildern und Modellen, auch Urausführungen zu finden war und dann durch neue Zeichnungen, Bilder, graphische Darstellungen und hauptsächlich Modelle ergänzt. Schwierig war diese Sammelarbeit bei den Eisenbahnen, denn die älteren Bahnen Ungarns waren nur teilweise im Lande, teilweise auch in Österreich gelegen, es waren dies die sogenannten gemeinsamen Bahnen, deren Hauptsitz meistens Wien war. Die wertvollsten historischen Stücke befanden sich demnach in Wien und konnten nicht erworben werden. Trotz dieser Schwierigkeiten wurden viele alte Stücke von Wert aufgestöbert und in die Sammlung eingereiht. Man tat dies, besonders hinsichtlich der Eisenbahnen, schon mit der ausgesprochenen Absicht, daraus ein Museum zu schaffen, da ja die Gefahr drohte, daß vieles nach Schluß der Ausstellung wieder zerstreut würde und vielleicht für die Zukunft ganz verloren gehen könnte. Nicht nur die Staatsbahnen, sondern auch die Privatbahnen lieferten eifrig neben vorhandenen Beständen auch neue Stücke mit bedeutendem Kostenaufwand, hauptsächlich in sehr schönen und lehrreichen Modellen. Ebenso die heimischen Lokomotiv-, Wagen- und Maschinenfabriken. Dies alles im Verein mit statistischen Angaben und Bilddarstellungen gab ein sehr übersichtliches Bild über den damaligen Stand und die Fortschritte des ungarischen Eisenbahnwesens.

Der gleiche Vorgang wurde eingehalten bei Sammlung der Gegenstände des Straßenbaues, der See- und Flußschiffahrt, der Hafenbauten, der Flußregulierungen, des Post- und Telegraphenwesens.

Die Ausstellung all dieser gesammelten Gegenstände fand lebhaften Beifall und erweckte starke Beachtung bei den Besuchern, insbesondere in den Fachkreisen und bei der lernbegierigen Schuljugend; es drängte sich daher der Plan gerade zu von selbst auf, all diese Sammlungen, die ein helles Licht



Das k. ung. Verkehrsmuseum.

warfen auf den volkswirtschaftlichen Aufschwung des Landes, zu vereinigen und für die Zukunft dauernd zu sichern.

Der damalige Handelsminister, Baron von Daniel, entschloß sich daher endgültig, ein allgemeines Verkehrsmuseum zu gründen, das zunächst in dem Eisenbahn-Ausstellungsgebäude untergebracht werden sollte.

Dieses Gebäude war aber, obwohl äußerlich monumental angelegt, doch nur für die Dauer der Ausstellung gebaut. Da auch später die Geldmittel für einen großgedachten Neubau nicht sichergestellt werden konnten, mußte das Gebäude nach und nach dauerhafter gemacht, die Mauern des Kuppelsaales mit Beton unterfangen, die Bedachung teilweise erneuert und die weichhölzernen Fußböden mit Zementplatten stückweise ausgewechselt werden. Diese Arbeiten sind auch jetzt noch nicht abgeschlossen. Leider ist das Gebäude auch nicht unterkellert und besitzt demzufolge keine entsprechenden Heizanlagen.

Die Eröffnung des Verkehrsmuseums erfolgte am 1. Mai 1899.

Das Gebäude besitzt eine überbaute Grundfläche von $3680\ m^2$; die für die Sammlungen benutzbare Bodenfläche

beträgt rund 3100 m². Der Haupteingang führt in den Kuppelsaal, der eine Bodenfläche von 640 m² hat; der Nebeneingang führt zur Längshalle, die eine Bodenfläche von 1800 m² aufweist. Außerdem stehen sieben Säle von mehr oder minder großem Umfange den Sammlungen zur Verfügung. Den Rest bilden kleine Verwaltungsräume.

Die Sammlungen, in denen ungefähr 24000 Gegenstände Aufnahme fanden, gliedern sich in fünf Hauptgruppen:

1. Eisenbahnen;
2. Fluß- und Seeschiffahrt, Hafenbauten;
3. Post- und Telegraphenwesen;
4. Straßenbau, Straßenbrücken;
5. Flugwesen.

Die Eisenbahnabteilung enthält die weitaus reichhaltigste Sammlung. Mehr als drei Viertel der gesamten Museumsgegenstände fallen in diese Gruppe.

Da sind vor allem aus den Anfangszeiten der ungarischen Eisenbahnen Übersichtskarten, welche die auf Grund des ungarischen Reichstagsgesetzes XXV vom Jahr 1832/6 im Lande zu erbauenden Eisenbahnen darstellen. Ferner: Ein Bild der im damaligen Pesth erbauten Probeeisenbahn; Bild und Modell 1:20 der ersten ungarischen Eisenbahntunnelarbeiten bei Preßburg aus den 1840er Jahren; Konzessionsurkunde der ersten ungarischen Dampfeisenbahn (ung. Zentralbahn) Pesth—Waitzen; Einladungskarte zu ihrer Eröffnung und Fahrschein dieser Bahn; Tracenkarte der Strecke Waitzen—Gran-Nána und auch der ganzen Linie Pesth—Preßburg; Karten der Entwicklung des ungarischen Eisenbahnnetzes vom Jahre 1848 an bis zur Neuzeit; Reliefkarten mehrerer schwierigen Karpathenbahnen in plastisch schöner Ausführung; alte Karten von einigen Auslandsbahnen sowie eine „Generalkarte aller in Europa vorkommenden Eisenbahnen, Straßen und Dampfschiffahrten" aus dem Anfang der 1840er Jahre.

Wertvoll und lehrreich ist die Sammlung aller Oberbauformen der ungarischen Eisenbahnen aus der Zeit von 1838 bis 1912. Im Anschluß daran Modelle von Ausweichen und Kreuzungen, Weichensperren, Wegübersetzungen, Schranken, Prellböcken, Bahnwagen und Draisinen sowie eine Zusammenstellung von Bahnerhaltungsgeräten.

Unter den vielen tausend Gegenständen, die sich auf Bau und Betrieb der Eisenbahnen beziehen, sind manche besonders hervorzuheben: Modell des Medvés-Tunnels in den Karpathen mit sechs Querschnitten; Teile einer Schifkornbrücke aus Gußeisen; Stücke gesprengter Eisenbahnbrücken; Modelle des Südbahnviaduktes bei Nagymarton; Modell des Abos-Viaduktes der Kaschau-Oderberger Eisenbahn; Modell des Eisenmontierungsgerüstes für den 63 m hohen Karakó-Viadukt; Modell 1:20 einer Öffnung der alten hölzernen Eisenbahnbrücke über die Theiß bei Szolnok, daneben ein schönes Modell 1:20 einer Öffnung der späteren eisernen Eisenbahnbrücke bei Szolnok; drei Übersichten über die hervorragenderen Brücken, die in der Zeit von 1848 bis 1900 auf den Staatsbahnlinien gebaut wurden; Modell des beweglichen Ausbesserungsgerüstes für die Hallenbedachung im Ostbahnhof Budapest; Modelle von Arbeiterkolonien; Modelle der Stationen Fiume, Györ, Deés; Modell der Hauptwerkstätte in Ruttka; Aquarelle der Aufnahmegebäude in Budapest, Szatmár, Temesvár, Pécs, Agram, Fiume; Sammlung von Querschnitten imprägnierter Buchen- und Eichenschwellen; alte Glockensignalapparate; Modelle von Richt- und Deckungssignalen sowie von Weichenstellungs- und Blockapparaten; Modell eines Korbsignales aus den Anfangszeiten der Eisenbahnen; alter Telegraphenapparat 1847; alter Telephonapparat 1871; Modell einer artesischen Brunnenbohrung; Modelle von Pumpen, Wasserstationen, Wassertürmen, Windmotoren und Kohlenverladern; Reliefkarte der artesischen Bohrungen auf den Staatsbahnlinien; Modelle von Dampfkesselschnitten, von Lokomotivsteuerungen (beweglich); Schmierapparate, Geschwindigkeitsmesser; verschiedene Achslager; Holzpuffer vom ersten ungarischen Hofwagen 1857; Zusammenstellung verschiedener Tür- und Fensterverschlüsse; Sammlung alter Wagenlampen; Modell der Wagenbeleuchtung, der Lüftung und Beheizung; Windmesser aus dem Jahre 1880; schöne Prunkmöbel des ersten ungarischen Hofwagens der Theißbahn aus den 1850er Jahren; Modelle für selbsttätige Wagenkupplung; bewegliches Modell und Plan der Dampffähre über die Donau zwischen Gombos und Erdöd, wohl der ersten auf dem Festlande, an deren Stelle später eine Brücke erbaut wurde; prächtiges Modell 1:5 einer Eisenbahnreparaturwerkstätte mit den verschiedensten maschinellen Einrichtungen (elektrisch beweglich); reichhaltige Sammlung von Werkstätten-Lehrlingsarbeiten; Sammlung der für Eisenbahnzwecke benötigten verschiedensten Werkstoffe und deren Proben; Rettungskasten, ausgerüstet mit den bei Unfällen nötigen chirurgischen Instrumenten, Verbandzeug und Medikamenten; Wohlfahrtseinrichtungen; große Sammlung ungarischer und ausländischer Eisenbahnfahrkarten aller Art.

Den Glanzpunkt der Eisenbahnabteilung bildet ohne Zweifel die prächtige Sammlung der Modelle von Eisenbahnfahrbetriebsmitteln. Hierunter sind 25 Modelle von Lokomotiven aus den Jahren 1848 bis 1896, u. a. eine elektrisch bewegliche Abt-Lokomotive; Modelle von Personenwagen, Lastwagen aller Art, Postwagen, Dienstwagen, Schneepflügen aus den Jahren 1848 bis 1896 — 68 Stück.

Es ist dies eine in bezug auf Reichhaltigkeit und Genauigkeit der Darstellung in den europäischen Verkehrsmuseen einzig dastehende Sammlung. Der hervorstechendste Unterschied gegenüber anderen derartigen Sammlungen ist der, daß all diese Modelle in ein und demselben Maßstabe 1:5 ausgeführt sind. Dies erleichtert die Vergleichsmöglichkeit ungemein und der Grad der Entwicklung und des Fortschrittes in Bau und Einrichtung springt sozusagen in die Augen.

Hierzu kommt, daß die Ausführung der Modelle in allem und jedem haarscharf den Urstücken entspricht. Nach Stoff, Form und Farbe ist jedes einzelne, auch der kleinste Bestandteil genau so echt hergestellt wie im großen. Dies verteuerte wohl die Herstellung, erhöhte aber den Wert der Modelle bedeutend und machte sie zu erstklassigen wahrhaften Prachtstücken.

In der Mitte des Kuppelsaales ist eine zusammenfassende Gruppe der Eisenbahn aufgebaut, die auf einem frei gestalteten Bahnhof die Schienengeleise, Weichenstellblöcke, kleine und große Drehscheiben, eine Wagenschiebebühne, das elektrische Stationsdeckungssignal, den ein- und zweiarmigen Signalmast, freistehende Glockensignalapparate, dann Telegraph, Schnellzug- und Lastzuglokomotiven, Personen- und Lastwagen, kurzum alles das in einer Gruppe zeigt, was beim Bau, der Ausrüstung und dem Betrieb der Eisenbahnen eine Rolle spielt.

Der Reichtum der übrigen Abteilungen kann hier nur kurz angedeutet werden.

In die Abteilung Fluß- und Seeschiffahrt sowie Hafenbauten sind ungefähr 1000 Museumsgegenstände eingereiht. Hervorstechend sind Karten und Pläne, Reliefs und Modelle von den Regulierungsarbeiten an den Katarakten der unteren Donau und am „Eisernen Tor".

Gleichfalls bedeutend sind Zeichnungen, Photographien und Modelle der Fiumaner Hafenbauten (1855 bis 1896). Von anderen Hafenbauten sind solche an der kroatischen Meeresküste vertreten, ferner der Neupester Flußhafen.

Das Museum besitzt ferner in dieser Abteilung eine große Anzahl feingearbeiteter Modelle von Schiffen aller Art (eine Galeere, Holzschiffe, Kähne, Dampfbagger, Remorqueure, verschiedene Segelschiffe, Fluß- und Seedampfer, im ganzen

mehr als 100 Voll- und Schnittmodelle, darunter auch das eines Unterseebotes).

Mehrere tausend Gegenstände umfaßt die Abteilung für Post-, Telegraphen- und Telephonwesen. Hiervon sind besonders hervorzuheben: viele alte Post-Landkarten des europäischen Festlandes und des Königreichs Ungarn vom Jahre 1713 angefangen; alte Postschilder vom Jahre 1800 an, alte Postsammelkästen aus Holz und Eisen, alte Briefumschläge, Postwertzeichen und Postdrucksachen usw., endlich aus neuester Zeit Modelle der Kriegs-Feldpost 1917 im Gebirge.

Aus dem Telegraphen- und Fernsprechwesen finden wir Karten des ungarischen Telegraphennetzes von 1850 an, Telegraphenapparate verschiedener Art und deren Bestandteile, Karten des ungarischen Telephonnetzes, Kabelstücke und Telephonapparate verschiedener Art, Schalteinrichtungen.

Die Abteilung für Straßenbau und Straßenbrücken weist eine wesentlich geringere Anzahl von Gegenständen auf, die aber einen um so größeren inneren Wert besitzen.

Hier sind zu nennen: Karten des ungarischen Straßennetzes aus der Vorkriegszeit, Bilder und Aquarelle; Oberbauformen der Straßenbahnen; Modelle von alten Straßenbahnwagen 1:10 und zwar für Bespannung mit einem Pferd, mit zwei Pferden und auch ein solcher mit Dachsitzen. Modell 1:10 der Budapester elektrischen Unterpflasterbahn, der erstgebauten derartigen Bahn in Europa (Siemens).

Von sehr genauer Ausführung sind die Modelle alter und neuer Straßenbrücken des Königreichs Ungarn. Da sieht man das Modell 1:25 der hölzernen Bogenbrücke über den Aranyosfluß bei Torda mit überdachter Fahrbahn, ein Meisterwerk alter Zimmermannskunst aus den Jahren 1804 bis 1815.

24 Modelle von Straßenbrücken verschiedenster Bauarten über die Flüsse: Vág, Arva, Szamos, Temes, Theiß und Donau. Besonders schön sind die Modelle der Budapester Donaubrücken: der Széchenyi-Kettenbrücke, erbaut in den 1840er Jahren von dem Engländer Clark, in Linienführung und Architektur auch heute noch eine der herrlichsten Brücken; der Franz-Josefs-Brücke (Cantilever); der Elisabethbrücke, der weitest gespannten Kettenbrücke der Welt, die den mächtigen Donaustrom mit einer einzigen Öffnung überspannt. Lehrreich ist das einseitig geschnittene Modell der Eisenbeton-Bogenbrücke über den Temesfluß bei Örmenyes und das Modell der Eisenrohr-Bogenbrücke über den Temesfluß bei Karansebes.

Die Abteilung für Flugwesen ist nicht reichlich bedacht, weil ja die ungeahnt rasche Entwicklung dieser neuesten Verkehrsmittel schon in die Kriegszeiten und die darauf folgenden Notjahre fällt und dies die Beschaffung zahlreicherer Gegenstände nicht ermöglichte.

Trotzdem findet man auch hier bemerkenswerte Stücke: Da sind die ersten ungarischen Versuchs-Flugzeuge von Horváth, ferner von Zsélyi, der mit dem ausgestellten Apparate verunglückt ist; dann das erste ungarische Kriegsflugzeug im Original; Modell eines Kampfflugzeuges Fokker; Modelle der Flugapparate Lilienthal, Wright, Blériot, Antoinette; Korb des ersten ungarischen Luftballons „Turul“; schönes Modell eines lenkbaren Luftschiffes (Parseval).

Das Museum, das im Stadtwäldchen an der Straßenbahn gelegen und — weil unheizbar — nur von Anfang Mai bis Ende Oktober geöffnet ist, erfreut sich, bei unentgeltlichem Eintritt, eines regen Besuches, namentlich von Schulen. In Vorkriegszeiten war es an vier Tagen, später aus Sparsamkeitsrücksichten nur an zwei Tagen der Woche den Besuchern zugänglich. Von 1929 an aber werden die Besuchstage auf wöchentlich drei erhöht.

Im Jahre 1913 betrug die Besucheranzahl an 96 Tagen 67992 (auf den Besuchstag 708); im Jahre 1928 an 59 Tagen 89708 Personen (auf den Besuchstag 1520). Man kann also vollberechtigt von einem stetigen stattlichen Zuwachs sprechen.

Die Kosten der Erhaltung des Museums tragen die k. ung. Staatsbahnen. Natürlich muß strengste Sparsamkeit walten. Hauptaufgabe ist: die Sammlungen sorgsam auf ihrem hohen Stande zu halten.

Trotz aller Notlage aber wird das k. ung. Verkehrsmuseum auch dem fachkundigen Westeuropäer immerhin sehenswert bleiben, denn ein gleiches Museum findet er nicht in den Hauptstädten der östlich und südlich an Ungarn angrenzenden Länder.

Bestrebungen zur Hebung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes bei den kön. ungar. Staatseisenbahnen*).

Von **Kornel v. Zelovich,** Professor an der kön. ungar. Joseph-Technischen Hochschule, Budapest.

Kennzahlen der Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes.

Um Eisenbahnbetriebe nach ihrer Wirtschaftlichkeit zu vergleichen, sind die Ausgaben mit den Leistungen in Verhältnis zu stellen.

Die Leistungen einer Eisenbahn können wir in zwei Gruppen teilen, und zwar in die Gruppen der Betriebs- und der Verkehrsleistungen. Den Betriebsleistungen (Bruttotonnenkilometer, Wagenachskilometer) entspringen die Ausgaben der Eisenbahnen. Die Einnahmen der Eisenbahnen werden durch die Verkehrsleistungen (Personenkilometer, Gütertonnenkilometer) aufgebracht.

Es fragt sich nun, auf welche Leistungseinheit die Ausgaben bezogen werden müssen, um die richtigste Kennzahl der Wirtschaftlichkeit des Betriebes zu erhalten.

Die auf die Einheit der Bruttotonnenkilometer entfallenden Ausgaben.

Bezieht man bei Eisenbahnen die Ausgaben auf die sie verursachenden Betriebsleistungen, d. h. z. B. durch die Errechnung der Ausgaben auf die Einheit der Bruttotonnenkilometer, so erscheint die erhaltene Kennzahl als zu Vergleichen geeignet.

*) Auszug aus einem Vortrage des Verfassers an der Ungarischen Akademie der Wissenschaften am 22. April 1929.

Die Zahlentafel I stellt die Ausgaben auf die Einheit der Bruttotonnenkilometer der Deutschen Reichsbahn, der Österreichischen Bundesbahnen und der k. ung. Staatsbahnen für das Jahr 1909*) und für die letzten Jahre dar**).

*) Aus der Zeit vor dem Weltkriege wurde das Jahr 1909 gewählt, weil der Statistik des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen in ihrem, vom Jahre 1910 an beschränktem Umfange die zum Vergleiche erwünschten Angaben nicht mit der erforderlichen Ausführlichkeit zu entnehmen waren. Die Zahl in der Spalte der Deutschen Reichsbahn für 1909 bezieht sich auf die deutschen Staatsbahnen jener Zeit (Badische, Bayerische, Oldenburgische, Sächsische, Elsaß-Lothringische, Mecklenburgische, Württembergische, Vereinigte Preußisch-Hessische Bahnen und Preußische Militärbahn), die Zahl in der Spalte der Österreichischen Bundesbahnen für 1909 bezieht sich auf die damaligen Österreichischen Staatsbahnen. Diese Bemerkung gilt auch für die später folgenden Zahlentafeln.

**) Die Angaben bezüglich 1909 sind auf Grund der Vereinsstatistik, — die bezüglich 1927 für die Deutsche Reichsbahn auf Grund der „Statistik der im Betriebe befindlichen Eisenbahnen Deutschlands“, Band 48, Geschäftsjahr 1927 — für die Österr. Bundesbahnen auf Grund des Geschäftsberichtes der Unternehmung „Österr. Bundesbahnen“ für das Jahr 1927 (in der Umrechnung 1 Schilling = 0,60 RM gesetzt) — und für die k. ung. Staatsbahnen auf Grund des Jahresberichtes „A magyar kir. államvasutak állapota és üzleti eredményei“ errechnet worden. Die Angaben für 1926 und 1927 bezüglich der k. ung. Staatsbahnen gelten eigentlich für das Rechnungsjahr 1925/26, bzw. 1926/27. Wo ein davon abweichendes Verfahren angewandt wurde, ist es besonders vermerkt.



Zahlentafel I.

Ausgaben auf 1 Bruttotonnenkilometer, in Pf.

	1909	1926	1927	
Deutsche Reichsbahn	1,085	1,769	1,875	$\frac{1,875}{1,085} = 1,728$
Österr. Bundesbahnen	1,232	2,301	2,206	$\frac{2,206}{1,232} = 1,790$
K. ung. Staatsbahnen	0,983	1,786	1,717	$\frac{1,717}{0,983} = 1,746$

Aus der Zahlentafel ersieht man, daß sich die Betriebsleistung der Eisenbahnen nach dem Weltkriege erheblich verteuert hat. Diese Verteuerung hat im Jahre 1927, im Verhältnis zu 1909, für die Deutsche Reichsbahn 72,8%, für die Österreichischen Bundesbahnen 79% und für die k. ung. Staatsbahnen 74,6% betragen.

Das Maß dieser Zunahme der Betriebskosten ist höher, als die allgemeine Verteuerung, da sich nicht nur die Preise der Eisenbahnbetriebsstoffe erhöht haben, sondern infolge der sozialen Forderungen (feste Arbeitsdauer, Ruhezeit usw.) im Verhältnis zu den Leistungen auch das Personal vermehrt wurde und infolgedessen auch die einen beträchtlichen Anteil der Betriebsausgaben darstellenden persönlichen Ausgaben gestiegen sind.

Die Personalausgaben.

Für die Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes ist es nicht nebensächlich, wieviel aus den jährlichen Betriebsausgaben der Eisenbahnen auf die persönlichen Ausgaben fallen.

Auf den Vereinsbahnen im Jahre 1909 entstand mehr als die Hälfte, durchschnittlich 50,11% der Betriebsausgaben, aus persönlichen Ausgaben. Bei den einzelnen größeren Bahnverwaltungen betrugen die persönlichen Ausgaben für 1909: für die deutschen Bahnen 50,39%, für die österreichischen Staatsbahnen 51,14% und für die k. ung. Staatsbahnen 47,25% der Betriebsausgaben. Bei den k. ung. Staatsbahnen standen folglich die persönlichen Ausgaben unter der Hälfte der Betriebsausgaben.

Nach der Vereinsstatistik*) entfielen auf die persönlichen Ausgaben in 1926 bei der Deutschen Reichsbahn 65,65%, bei den Österreichischen Bundesbahnen 74,29% und im Geschäftsjahre 1926/27 bei den k. ung. Staatsbahnen 65,55% der Betriebsausgaben. Der Satz der k. ung. Staatsbahnen ist zwar auch zu dieser Zeit der kleinste, doch der der deutschen Bahnen in 1909 im Verhältnis 50,39/47,25 = = 1,065 größere Satz ist in 1926 nur noch um 0,15% höher.

Es ist also ersichtlich, daß sich inzwischen der Anteil der persönlichen Ausgaben wesentlich vermehrt hat. Diese Ausgaben stellten sich in 1926 im Verhältnis zu 1909 bei der Deutschen Reichsbahn um 65,65/50,39 = 1,32, d. h. 32%, bei den Österreichischen Bundesbahnen um 45%, bei den k. ung. Staatsbahnen um 39% höher.

Auf dieses gewaltige Steigen hat unbedingt auch die Pensionslast Einfluß, die heute viel schwerer ist als vor dem Weltkriege.

Herr Dr. Ing. Dorpmüller, Gen.-Direktor der Deutschen Reichsbahn, erwähnt in seinem hochinteressanten Vortrage „Gegenwart und Zukunft der Reichsbahn“**) die sich vermehrende Pensionslast als eine drohende Gefahr. Diese betrug im Jahre 1913 121 Millionen *M*, somit 17,5% der Gehälter und beträgt heute 471 Millionen *RM*, 40% davon. Nach genauen Berechnungen, die unter Mitwirkung von Sachverständigen der Versicherungsmathematik durchgeführt wurden, wird die Pensionslast bis 1946 von den heutigen 471 Millionen auf 595 Millionen *RM* steigen, d. h. bis 50% der Gehälter.

*) Statistische Nachrichten usw. für das Rechnungsjahr 1926.
**) Die Reichsbahn 1929, Heft 6.

In bezug auf die Pensionslast ist die Lage der k. ung. Staatsbahnen noch viel ungünstiger als die der Deutschen Reichsbahn und hierdurch erklärt sich, daß der auf die persönlichen Ausgaben entfallende Anteil bei den k. ung. Staatsbahnen in höherem Maße stieg als bei der Deutschen Reichsbahn.

Nach der erwähnten Vereinsstatistik betrug nämlich die Pensionslast im Jahre 1926 bei der Deutschen Reichsbahn 11,07%, bei den Österreichischen Bundesbahnen 17,78% — und im Rechnungsjahre 1926/27 bei den k. ung. Staatsbahnen 19,27% der Betriebsausgaben (entsprechend 21,7%, 32,7% und 42,7% der Personalausgaben).

Hiernach verhält sich die Pensionslast bei den k. ung. Staatsbahnen zu der bei der Deutschen Reichsbahn wie 19,27/11,07 = 1,74 und zu der bei den Österreichischen Bundesbahnen wie 19,27/17,78 = 1,085.

Nach Abzug der Pensionslast betrugen folglich im Jahre 1926 die Gehälter bei der Deutschen Reichsbahn 51,15%, bei den Österreichischen Bundesbahnen 54,35% — und bei den k. ung. Staatsbahnen 45,15% der Betriebsausgaben.

Die Kosten für das Personenkilometer und Gütertonnenkilometer.

Der Eisenbahnbetrieb ist zweifellos um so wirtschaftlicher, je kleinere Betriebsleistung zur Entfaltung derselben Verkehrsleistung erforderlich ist, mit anderen Worten: je kleinere Ausgaben zur Erreichung derselben Einnahme verlangt werden. Es ist demnach offenbar, daß wir für die Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes in dem Kostenanteil auf die Einheit der die Einnahmen hervorbringenden Verkehrsleistung, folglich im Personenverkehr auf 1 Personenkilometer, im Güterverkehr auf 1 Gütertonnenkilometer, in den sogenannten Betriebskosten, ein richtigeres Maß erhalten, als im Kostensatze für die Betriebsleistung von 1 Bruttotonnenkilometer*).

Für jede Eisenbahn ist es auch zwecks Prüfung des eigenen inneren Wirkungsgrades äußerst wichtig, die Kosten auf die Einheit der Verkehrsleistung zu kennen.

Die Berechnung der Ausgaben für 1 Personenkilometer und 1 Gütertonnenkilometer ist aber keine einfache Aufgabe. Wir müssen nämlich in die Einzelheiten des Eisenbahnbetriebes eindringen, um die Ausgaben der verschiedenen Arbeitsvorgänge mit Hilfe verschiedener Teilungsschlüssel zwischen dem Personen- und dem Güterverkehr zu teilen.

Zweifelsohne würde sich die Aufgabe vereinfachen, wenn man zwischen den Kosten eines Personenkilometers und eines Gütertonnenkilometers ein Gesetz allgemeiner Gültigkeit feststellen könnte.

Für den Zeitraum von anderthalb Jahrzehnten, 1900 bis 1914/15, haben wir die jährlichen Ausgaben für das Personen- und für das Gütertonnenkilometer bei den k. ung. Staatsbahnen errechnet und die Ergebnisse in unserem Forschungsberichte „A vasutak üzemi költségei“ im Jahre 1923 veröffentlicht**). Unseres Wissens hat es in dem Schrifttum keinen anderen Fall gegeben, in welchem die Betriebskosten einer größeren Eisenbahn für eine so lange Reihe von Jahren errechnet, bzw. veröffentlicht worden wären. Aus den Ergebnissen so vieler Jahre kann schon eine Gesetz-

*) Kornel v. Zelovich: A vasutak üzemi költsége (Betriebskosten der Eisenbahnen). Zeitschrift: „Közgazdasági Szemle“ Oktober—November 1923.

**) Kornel v. Zelovich: A vasutak üzemi költsége (Betriebskosten der Eisenbahnen). Zeitschrift: „Közgazdasági Szemle“, Oktober—November 1923.



mäßigkeit abgeleitet werden, wenn eine solche überhaupt besteht.

Bezeichnet man die Kosten des Personenkilometers durch u, die des Gütertonnenkilometers durch a, so haben wir festgestellt, daß sich der Wert des Verhältnisses u/a in den Jahren 1900 bis 1913 zwischen 0,89 und 1,13 geändert hat und daß er im 14-Jahre-Durchschnitte 0,98 beträgt, d. h. angenähert $u=a$. Dies besagt, daß bei den k. ung. Staatsbahnen in dem angegebenen Zeitraume die Beförderung eines Reisenden auf 1 km ungefähr ebensoviel wie die Beförderung eines Gutes von 1 t auf 1 km gekostet hat.

Hätte man diesen Satz früher erkannt, so wäre die sonst verwickelte Berechnung verlangende Verteilung der Ausgaben auf den Personen- und den Güterverkehr eine höchst einfache Aufgabe gewesen.

Zum selben Ergebnis gelangte in seinen Untersuchungen*) Herr **Baum**, ingénieur des ponts et chaussées, bezüglich der ehemaligen Österr.-Ung. Staatseisenbahngesellschaft für 1865 bis 1873, d. h. für neun Jahre. Deshalb nennt **Nördling** die Berechnung der Betriebskosten auf der Grundlage $u=a$, „Teilung nach dem französischen Schlüssel".

Der Satz $u=a$ galt jedoch schon im Jahre 1914/15 nicht einmal mehr für die k. ung. Staatsbahnen, ebensowenig nach dem Weltkriege. Im Jahre 1925/26 ist $u=1{,}23a$ und in 1926/27 $u=1{,}28a$. Der Grund dafür liegt darin, daß sowohl 1914/15 wie auch ständig nach dem Weltkriege ein viel höherer Anteil der Betriebsleistung auf die Personenzüge entfiel, als vor dem Weltkriege.

Die Betriebskosten werden bei den größeren Bahnverwaltungen zu ihrem wohlverstandenen Nutzen gewiß von Jahr zu Jahr festgestellt, doch nur selten veröffentlicht. Demzufolge ist es nicht immer möglich, die Betriebsführung der Eisenbahnen auf Grund der Betriebskosten (Personenkilometer, Gütertonnenkilometer) zu vergleichen. Hierdurch entsteht die Frage, ob es nicht möglich wäre, die auf die Einheit der Verkehrsleistung, soweit sie Einnahmen aufbringen, entfallenden Ausgaben aus den zur Verfügung stehenden wirtschafts-statistischen Angaben der Eisenbahnen einfacher zu berechnen.

Einheitskosten des Nutztonnenkilometers.

Die Berechnung vereinfacht sich offenbar, wenn wir Personen- und Güterverkehr nicht trennen, sondern die auf die Einheit der nutzbaren Verkehrsleistung des Gesamtverkehrs, auf die Einheit der Nutztonnenkilometer entfallenden Ausgaben berechnen, ähnlich, wie wir die Ausgaben auf die Einheit der Bruttotonnenkilometer in Zahlentafel I bestimmt haben.

In der Nutztonnenkilometer-Leistung wird hiernach einerseits die Leistung in nutzbaren Tonnenkilometern im Personenverkehr (Personenkilometer multipliziert durch das Durchschnittsgewicht eines Reisenden samt Handgepäck, d. h. durch 80 kg), andererseits die Leistung in Gütertonnenkilometern zusammengefaßt.

Die Forschungen haben uns gezeigt, daß die auf die Einheit der Nutztonnenkilometer einfach zu berechnenden Ausgaben in gewissen Grenzen ein zum Vergleiche der Betriebsführung der Eisenbahnen geeignetes Maß darstellen.

In der Zahlentafel II werden die auf die Einheit der Nutztonnenkilometer entfallenden Ausgaben für die in der Zahlentafel I behandelten Eisenbahnen zusammengestellt.

Hiernach stellt sich der Einheitspreis auf das Nutztonnenkilometer sowohl 1909 wie 1927 am niedrigsten bei der Deutschen Reichsbahn; der Einheitspreis bei den k. ung. Staatsbahnen zeigt dieselbe Veränderung, da er 1909 um 6,5% und 1927 um 4% höher war, als bei der Deutschen Reichsbahn. Im Verhältnis zu den k. ung. Staatsbahnen betrug der Einheitspreis des Nutztonnenkilometers 1909 bei den damaligen österreichischen Staatsbahnen 2% weniger, aber 1927 bei den Österreichischen Bundesbahnen 27% mehr.

*) Des prix de revient des transports par chemins de fer. Annales des Ponts et Chaussées, 1875, 2. Halbjahr, S. 423.

Zahlentafel II.

Ausgaben auf 1 Nutztonnenkilometer, in Pf.

	1909	1926	1927	
Deutsche Reichsbahn	3,558	5,614	5,597	$\frac{5{,}597}{3{,}558}=1{,}573$
Österr. Bundesbahnen	3,734	—	7,397	$\frac{7{,}397}{3{,}734}=1{,}980$
K. ung. Staatsbahnen	3,796	6,296	5,819	$\frac{5{,}819}{3{,}796}=1{,}532$

Die Zahlentafel zeigt, daß sich auch die Verkehrsleistung der Eisenbahnen nach dem Weltkriege erheblich verteuert hat. Doch beträgt diese Teuerung von 1909 bis 1927 (abgesehen vorläufig von dem Ergebnis bei den Österreichischen Bundesbahnen) weder bei der Deutschen Reichsbahn, noch bei den k. ung. Staatsbahnen soviel, als die Teuerung der Betriebsleistungen (s. Zahlentafel I). Bezogen auf die Verteuerung der Betriebsleistung, die bei der Deutschen Reichsbahn 72,8%, bei den k. ung. Staatsbahnen 74,6% betrug, macht die Verteuerung der Verkehrsleistung nur 57,3% und 53,2% aus.

Dies ist ein unzweifelhafter Erfolg der Bestrebungen nach wirtschaftlichem Betriebe. Wenn sich nämlich die Verkehrsleistung in geringerem Maße verteuert, als die Betriebsleistung, so ist die letztgenannte in bezug auf den Verkehr gewiß besser ausgenützt, das Verhältnis der Nutzlast zur toten Last gestaltet sich günstiger und hierdurch verlangt dieselbe Verkehrsleistung weniger an Betriebsleistung.

Es ist demnach offenbar, daß die tote Last auf die Kosten des Nutztonnenkilometers einen sehr großen Einfluß ausübt. Es ist eine wichtige Bedingung der Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes, die tote Last auf ein Mindestmaß herabzudrücken und das Verhältnis der Nutzlast zur toten Last einem Höchstwerte zu nähern.

In Verbindung mit der Feststellung der Kosten auf die Einheit des Nutztonnenkilometers ist es hiernach erforderlich, uns mit dem Verhältnis der Nutzlast zur toten Last zu befassen.

Verhältnis der Nutzlast zur toten Last im Güterverkehr.

Bei der Beförderung durch Eisenbahnen ist die tote Last im allgemeinen größer als die Nutzlast. Dies trifft aber für den Güterverkehr in viel geringerem Maße als für den Personenverkehr zu.

Die Zahlentafel III veranschaulicht in Tonnen die Änderung der toten Last auf 1 t Nutzlast im Laufe der Jahre für den Güterverkehr.

Bei den k. ung. Staatsbahnen war die tote Last im Güterverkehr im Jahre 1909 (2,041/1,514 = 1,35) um 35% größer, als bei den damaligen deutschen Staatsbahnen und um 36% größer, als bei den damaligen österreichischen Staatsbahnen. Demgegenüber betrug die tote Last bei den k. ung. Staatsbahnen 1927 weniger als bei der Deutschen Reichsbahn oder als bei den Österreichischen Bundesbahnen. Im Jahre 1927 stellte sich nämlich die tote Last bei der Deutschen Reichsbahn (1,176/1,054 = 1,11) um 11%, bei den Österreichischen Bundesbahnen um 21% höher als bei den k. ung. Staatsbahnen.

Aus den Angaben in Zahlentafel III stellt sich heraus, daß sich die tote Last bei den k. ung. Staatsbahnen vom

Zahlentafel III.

Änderung der toten Last im Güterverkehr.

	1909	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927*)	
Deutsche Reichsbahn . .	1,514	—	—	—	—	—	—	—	—	1,176	$\frac{1,176}{1,514} = 0,78$
Österr. Bundesbahnen . . .	1,501	—	—	—	—	—	—	—	—	1,280	$\frac{1,280}{1,501} = 0,85$
K. ung. Staatsbahnen . . .	2,041	2,85	1,97	1,55	1,49	1,28	1,20	1,088	1,110	1,054	$\frac{1,054}{2,041} = 0,52$

*) Bei den k. ung. Staatsbahnen entspricht dem Jahre 1919 das Rechnungsjahr 1918/19; dem Jahre 1927 das Rechnungsjahr 1926/27. Diese Bemerkung gilt auch für die Zahlentafeln IX und XI.

Jahre 1919 an allmählich erniedrigt und 1927 nur noch 52% des Wertes vom Jahre 1909 betragen hat.

Dieser, bei den k. ung. Staatsbahnen erreichte Erfolg verdient um so mehr Aufmerksamkeit, als einerseits die Beladung der Güterwagen größerer Tragfähigkeit auf den meisten im Betriebe der k. ung. Staatsbahnen stehenden Lokalbahnen Beschränkungen erleidet, andererseits die leeren Wagenläufe, wie die Zahlentafel V beweist, infolge des in höherem Maße in der gleichen Richtung laufenden Güterverkehrs einen höheren Anteil einnehmen als bei der Deutschen Reichsbahn oder bei den Österreichischen Bundesbahnen. Unter solchen Umständen können wir mit gesteigertem Interesse die Gründe erforschen, die zur Herabsetzung der toten Last geführt haben.

Die angegebene bedeutende Verminderung der toten Last wird durch folgende Umstände beeinflußt:

Zahlentafel IV.

Verhältnis des Ladegewichtes der Güterwagen zum Eigengewicht.

		Durchschnittliches Eigengewicht (in t, für die gedeckten Güterwagen)	Durchschnittliches Ladegewicht (in t, für die gedeckten Güterwagen)	Verhältnis des Ladegewichtes zum Eigengewicht	Durchschnittliches Eigengewicht (in t, für die offenen Güterwagen)	Durchschnittliches Ladegewicht (in t, für die offenen Güterwagen)	Verhältnis des Ladegewichtes zum Eigengewicht
Deutsche Reichsbahn	1909*)	8,94	13,51	1,510	7,49	13,92	1,86
	1927	10,46	14,78	1,412	8,735	17,14	1,96
Österr. Bundesbahnen	1927	7,619	12,04	1,580	7,551	11,95	1,58
K. ung. Staatsbahnen	1909	7,35	11,86	1,610	6,36	13,02	2,04
	1927	7,94	13,70	1,730	6,93	16,60	2,39

*) Das Deutsche Eisenbahnwesen der Gegenwart 1911. Band I, S. 166.

a) Erhöhung der Tragfähigkeit der Güterwagen.

Im Güterverkehr haben sich die Eisenbahnverwaltungen natürlich bestrebt, die tote Last zu vermindern. Hierzu wäre der Verkehr von Wagen höherer Tragfähigkeit offenbar ein wirksames Mittel, vorausgesetzt, daß solche Wagen bis zur Grenze ihrer Tragfähigkeit beladen werden. Das Verhältnis des Ladegewichtes zum Eigengewicht stellt sich nämlich bei Wagen höherer Tragfähigkeit günstiger. Dementsprechend ist die Förderung der Nutzlast, wenn die Wagen richtig ausgenützt werden, mit geringerer toter Last möglich.

Das Ladegewicht beträgt im Mittel bei den k. ung. Staatsbahnen für offene Güterwagen ohne Bremse: bei 10 t-Wagen um 83, bei 15 t-Wagen um 132 und bei 20 t-Wagen um 175% mehr, als das durchschnittliche Eigengewicht.

In der Erhöhung der Tragfähigkeit der Güterwagen zeigt sich bei den k. ung. Staatsbahnen im Laufe der Zeit eine erhebliche Besserung, hauptsächlich seit dem Jahre 1913, in welchem die ersten 20 t-Wagen beschafft wurden.

b) Verhältnis des Ladegewichtes der Güterwagen zum Eigengewicht.

Zahlentafel IV stellt das Verhältnis des Ladegewichtes der Güterwagen zum Eigengewicht für die Deutsche Reichsbahn, die Österreichischen Bundesbahnen und die k. ung. Staatsbahnen vor.

Hiernach gestaltet sich das Verhältnis des Ladegewichtes zum Eigengewicht sowohl 1909 wie auch 1927 für die offenen wie für die gedeckten Güterwagen bei den k. ung. Staatsbahnen günstiger als bei der Deutschen Reichsbahn. Der Zahlenwert dieses Verhältnisses hat sich im Jahre 1927 gegenüber 1909 bei den k. ung. Staatsbahnen beträchtlich, für gedeckte Wagen (1,73/1,61 = 1,07) um 7%, für offene Wagen um 17% erhöht, wogegen der Wert bei der Deutschen Reichsbahn für gedeckte Wagen sank und für offene Wagen sich nur (1,96/1,86 = 1,05) um 5% erhöhte. Hierdurch erklärt sich, daß, — obwohl die Deutsche Reichsbahn, wie wir später sehen werden, einen gegenüber den k. ung. Staatsbahnen um (46,0/44,4 = = 1,03) 3% günstigeren Wagenausnutzungsgrad aufzeigt, — die ungarischen Staatsbahnen dennoch mit geringerer toter Last im Güterverkehr arbeiten.

Bei den Österreichischen Bundesbahnen sind das durchschnittliche Ladegewicht und das Verhältnis des Ladegewichtes zum Eigengewicht sowohl gegenüber den k. ung. Staatsbahnen, wie auch im allgemeinen ungünstig.

Aus den Angaben der Zahlentafel IV stellt sich heraus, daß im Jahre 1927 bei den k. ung. Staatsbahnen das durchschnittliche Ladegewicht der gedeckten Wagen (13,70/12,04 = 1,14) um 14, das der offenen Wagen um 38,5%, das Verhältnis des Ladegewichtes zum Eigengewicht der gedeckten Wagen (1,73/1,58 = 1,09) um 9 und der offenen Wagen um 51% höher stand.

Auch dieser Umstand trägt wahrscheinlich dazu bei, daß im Güterverkehr bei den Österreichischen Bundesbahnen die tote Last und die Kosten für das Nutztonnenkilometer verhältnismäßig hoch sind.

c) Ausnützung der Güterwagen.

Das Eigengewicht des Güterwagens ist kleiner als sein Ladegewicht. Wenn also die Güterwagen immer bis zur Grenze ihrer Tragfähigkeit ausgenützt werden könnten, so wäre die tote Last beträchtlich unterhalb der Nutzlast. Solche ideale Verkehrsverhältnisse bestehen aber auf keiner Eisenbahn. Beträgt doch die Ausnützung auch der bis zur Grenze ihrer Tragfähigkeit beladenen Kohlenwagen meistens nur 50% des

Ladegewichtes, da für die Gruben leere Wagen gestellt werden müssen und in dieser Fahrrichtung nur tote Lasten rollen.

Die Zahlentafel V enthält die Werte der Ausnützung der Güter- und Gepäckwagen für 1909 und 1927 bei den k. ung. Staatsbahnen und der Deutschen Reichsbahn, ausgedrückt in Hundertteilen des Ladegewichtes.

Zahlentafel V.
Ausnützung der Güter- und Gepäckwagen, bezogen auf das Ladegewicht.

		K. ung. Staatsbahnen	Deutsche Reichsbahn
	1909	33,07%	42,08%
	1927	44,40%	46,00%
Verhältnismäßige Erhöhung		(44,4/37,07 = 1,195) 19,5%	(46,00/42,08 = 1,09) 9%

Demnach wurde bei den k. ung. Staatsbahnen die beträchtliche Herabsetzung der toten Last im Güterverkehr außer durch ein günstiges Verhältnis des Ladegewichtes zum Eigengewicht auch durch die ständige Besserung der Ausnützung der Güterwagen gefördert.

Die Bestrebung nach besserer Ausnützung wurde durch den Tarif der k. ung. Staatsbahnen für Wagenladungen wirksam unterstützt, indem die Ausnützung einer größeren Tragfähigkeit durch Festsetzen eines niedrigeren Tarifsatzes belohnt wird.

Bei der Bewertung des erreichten Erfolges dürfen wir aber den für die Ausnützung ungünstigen Umstand wieder nicht außer Acht lassen, daß die Wagen größerer Tragfähigkeit der k. ung. Staatsbahnen, die 15 t- und 20 t-Wagen, auf einen großen Teil der normalspurigen Lokalbahnen, wegen der leichten Bauart des Oberbaues, in beladenem Zustande nicht frei übergehen dürfen. Auf solchen Strecken wird hierdurch die Ausnützung der größeren Tragfähigkeit gehindert.

Auf dem Netze der k. ung. Staatsbahnen mit 7257 km Betriebslänge entfallen 4080 km, d. h. über 56%, auf Lokalbahnen. Der Oberbau der Lokalbahnstrecken gestattet auf 1713 km (42% der Länge der Lokalbahnen) einen Raddruck von 4,5 oder 5,0 t. Dagegen beträgt der Raddruck bei voller Belastung bei den 15 t-Wagen 5,5 t, bei den 20 t-Wagen 6,84 t.

d) Einfluß der Verkehrsverhältnisse.

Die Größe der toten Last wird gewiß auch durch die Verkehrsverhältnisse erheblich beeinflußt. Die Ausnützung der Tragfähigkeit der Güterwagen (mit anderen Worten die Verminderung der toten Last) wird bei den k. ung. Staatsbahnen durch die Verkehrslage teils gehindert, teils zu Zeiten gefördert.

Die Tragfähigkeit der Güterwagen kann nicht ausgenützt werden, wenn zur Abholung der Güter Wagen aus größerer Entfernung nach der Versandstation leer geleitet werden müssen, weil keine in dieser Richtung zu befördernde Güter da sind. Die Tragfähigkeit des Wagens ist somit beim Laufe nach der Versandstation völlig unausgenützt. Deshalb verschlechtert ein solcher in der gleichen Richtung laufender Verkehr die Ausnützung der Tragfähigkeit der Güterwagen. Im zusammengeschrumpften Ungarn bestehen leider solche Verhältnisse.

Im Falle eines in der gleichen Richtung laufenden Verkehrs entfällt offenbar ein beträchtlicher Teil der Güterwagen-Achskilometer auf leere Wagen. In dieser Hinsicht ist die Lage der k. ung. Staatsbahnen, wie aus Zahlentafel VI ersichtlich, ungünstiger als die der Deutschen Reichsbahn oder der Österreichischen Bundesbahnen.

Zahlentafel VI.
Verhältnis der leeren zu den beladenen Güterwagen-Achskilometern in %.

	Deutsche Reichsbahn		Österr. Bundesbahnen		K. ung. Staatsbahnen	
	leer	beladen	leer	beladen	leer	beladen
1909	30,00	70,00	—	—	33,82	66,18
1926	29,41	70,59	34,30	65,70	35,40	64,60*)
1927	27,20	72,80	33,10	66,90	34,30	65,70**)

*) Rechnungsjahr 1926/27.
**) Rechnungsjahr 1927/28.

Bildet man den Verhältniswert für die leeren Wagenachskilometer, so betrug, obwohl sich infolge der Bestrebungen nach wirtschaftlichem Betriebe die Leistung an leeren Wagenachskilometer ständig erniedrigte, der Satz der leeren Wagenachskilometer 1927/28 noch um (34,30/33,82 = 1,015) 1,5% mehr, als im Jahre 1909 für die Staatsbahnen des unverstümmelten Ungarn.

Die verhältnismäßige Verminderung der Leistung an leeren Güterwagen-Achskilometern betrug für die Deutsche Reichsbahn 1927 gegenüber den Erfolgen in 1909 (30,00/27,20 = 1,10) 10%.

e) Verhältnis der offenen und gedeckten Wagen.

Die erhebliche Verminderung der toten Last im Güterverkehr bei den k. ung. Staatsbahnen hängt offenbar mit der Zunahme des Massengüterverkehrs im Laufe der Zeit zusammen. Dieser Vorgang wird durch die Änderung des Verhältnisses der offenen zu den gedeckten Wagen lehrreich beleuchtet.

Zahlentafel VII.
Verhältnis der offenen und gedeckten Wagen.

	1895	1900	1909	1925	1927	
Deutsche Reichsbahn	2,18	3,34	2,34	1,88	1,925	$\frac{1,925}{2,18} = 0,884$
Österr. Bundesbahnen	—	—	—	—	1,325	—
K. ung. Staatsbahnen	0,80	0,85	0,93	1,55	1,635	$\frac{1,635}{0,80} = 2,040$

Das Verhältnis des Bestandes der offenen zu dem der gedeckten Wagen in Verbindung mit der Entwicklung des Massengüterverkehrs hat sich bei den k. ung. Staatsbahnen vom Jahre 1895 an ständig erhöht und stellte sich im Jahre 1927/28 um 104% höher als 1895. In dieser Beziehung haben folglich auch die Verkehrsverhältnisse bei der Minderung der toten Last mitgewirkt.

Bei Betrachtungen über obige Verhältniszahlen dürfen wir natürlich nicht vergessen, daß die Tragfähigkeit der offenen Wagen in höherem Maße gesteigert wurde als die der gedeckten. Die Tragfähigkeit der gedeckten Güterwagen stieg nämlich im erwähnten Zeitraume bei der Deutschen Reichsbahn um 37, bei den k. ung. Staatsbahnen um 30%, während die Tragfähigkeit der offenen Wagen sich bei der Deutschen Reichsbahn um 47, bei den k. ung. Staatsbahnen um 46% höher stellte.

f) Verkehr der Stückgüterwagen.

Es wurde schon (s. Zahlentafel III) nachgewiesen, daß bei den k. ung. Staatsbahnen im Jahre 1926/27 zur Beförderung einer Nutztonne das Rollen einer toten Last von 1,054 t erforderlich war. Die so errechnete tote Last hat sich in 1927/28 auf 1,11 t, also um 5% vermehrt. Bei der Frage

nach den Gründen obiger Erscheinung hat sich auch hier herausgestellt, daß diese Erhöhung in erster Linie durch die Änderung der Verkehrsverhältnisse bedingt wurde.

Der Verkehr der Stückgüterwagen hat sich nämlich von den 306916 Wagen des vorigen Jahres im Jahre 1927/28 auf 349211, d. h. fast um 14% erhöht. Die Stückgüterwagen können aber wesentlich unvollkommener ausgenützt werden, als die mit Massengütern beladenen Wagen.

Andererseits beträgt das Gewicht der beförderten Stückgüter im Verhältnis zur gesamten Gütermenge viel weniger. Von den auf den k. ung. Staatsbahnen 1925/26 beförderten Gütern im Gesamtgewichte von 24,9 Millionen t stellten die Stückgüter nur eine Menge von 937000 t, d. h. 3,8%, und im Jahre 1926/27 von 29 Millionen t Gesamtmenge nur 1035000 t, d. h. 3,6%. Bei der Deutschen Reichsbahn entfielen aus den 442 Millionen t gebührenpflichtiger Güter 16,85 Millionen t, d. h. 3,81%, auf die Stückgüter.

Die Beförderung der Stückgüter verlangt viel mehr an Betriebsleistung. Die durchschnittliche Nutzlast der Stückgüterwagen beträgt bei der Deutschen Reichsbahn 1,8 t, die der Wagenladungen rund 15 t*). Dementsprechend hat der Betrieb für dieselbe Leistung an Nutztonnenkilometern bei der Beförderung von Stückgütern mehr als achtmal soviel Wagen zu rollen und bedeutend mehr an Bruttotonnen zu befördern, als bei der Beförderung von Wagenladungen**). Bei den k. ung. Staatsbahnen liegen ähnliche Verhältnisse vor.

Bei der Deutschen Reichsbahn haben im Herbst 1928 aus den an einem Tage abgefertigten und zur Feststellung des Wagenumlaufes beobachteten 140641 Wagen 51292 Wagen, d. h. 36,4% der Stückgüterbeförderung gedient***). Aus den bei den k. ung. Staatsbahnen im Jahre 1928 zur Aufgabe gelangten Wagen waren dagegen nur 20,6% Stückgüterwagen.

Aus dem Vorausgeschickten ist deutlich ersichtlich, daß die Steigerung des Stückgüterverkehrs mit der Erhöhung der toten Last verknüpft ist.

Diese Umstände bewiesen, daß die Größe der toten Last im Güterverkehr infolge der verwickelten Natur des Eisenbahnbetriebes durch mehrere Faktoren beeinflußt werden kann und in Wirklichkeit auch beeinflußt wird. Weiterhin hat sich im Beispiele der k. ung. Staatsbahnen auch gezeigt, durch bessere Wagenausnützung und durch zielbewußte Wagendirigierung nennenswerte Erfolge erreicht werden können.

Verhältnis der Nutzlast zur toten Last im Personenverkehr.

Im Personenverkehr stehen wir, im Verhältnis zum Güterverkehr, erheblich größeren toten Lasten gegenüber.

Bei den k. ung. Staatsbahnen haben wir im Jahre 1926/27 (s. Zahlentafel III) im Güterverkehr eine 1,054fache, im Personen- und Gepäckverkehr aber eine fast 23fache tote Last befördern müssen (s. Zahlentafel IX). Auf einen, mit 80 kg bewerteten Reisenden entfielen demnach 1,83 t an toter Last. Im Personenverkehr betrug die tote Last 1926/27 im Verhältnis zum Güterverkehr (22,93/1,054 = 21,75) über das 21fache; nur 4,18% des beförderten Gewichtes entfielen demnach auf die Nutzlast bei einer toten Last von 95,82%.

Diese außerordentliche Höhe der toten Last im Personenverkehr wird in erster Linie dadurch erklärt, daß man sich mit der Entwicklung der Eisenbahntechnik allgemein bestrebt hat, das Reisen bequemer zu gestalten. Die Folge der Einrichtungen aber, die durch die Bequemlichkeit bedingt wurden, war eine erhebliche Steigerung der toten Last.

Vor sechzig Jahren beförderte man von London bis Glasgow 200 Reisende III. Klasse in vier Wagen, wobei das Gewicht der vier Personenwagen, zuzüglich des Sicherheitswagens, sich auf 50 t belief. Auf einen Reisenden beziehungsweise auf einen Sitzplatz entfielen demgemäß 250 kg an toter Last. Heute werden zum selben Zweck sechs Durchgangswagen, ein Speisewagen und ein Dienstwagen verlangt. Das Gewicht dieser Zuggarnitur übersteigt 200 t, folglich hat sich die auf einen Reisenden beziehungsweise einen Sitzplatz entfallende tote Last vervierfacht, sie beträgt heute 1000 kg*). Meistens sind auch nicht alle Sitzplätze der Wagen besetzt, so daß es uns nicht überraschen darf, wenn, wie wir gezeigt haben, die Eisenbahnen im Personenverkehr mehr als eine 20fache tote Last befördern im Verhältnis zum Gewicht der Reisenden und ihres Gepäcks.

Es ist allgemein bekannt, daß die auf einen Sitzplatz entfallende tote Last in den verschiedenen Wagenklassen nicht gleich ausfällt. In dieser Hinsicht enthält Zahlentafel VIII einige Angaben.

Zahlentafel VIII.

Durchschnittliche tote Last auf einen Sitzplatz bei den k. ung. Staatsbahnen.

Schnellzugwagen	I. Klasse	993 kg
„	II. „	830 „
„	III. „	493 „
Personenzugwagen	I. „	855 „
„	II. „	496 „
„	III. „	303 „

Die durch die Steigerung der Bequemlichkeit ungemein erhöhte tote Last, mit der die Erhöhung des Personentarifs nicht Schritt gehalten hat, ist einer der Hauptgründe, nach denen die großen Eisenbahnen für den Personenverkehr allgemein Zuschüsse zu leisten haben, die durch den Güterverkehr aufgewogen werden müssen.

Die Änderung der auf eine Nutztonne im Personenverkehr entfallende tote Last im Laufe der Jahre wird in Zahlentafel IX dargestellt.

Die Lage der k. ung. Staatsbahnen ist hinsichtlich der toten Last im Güterverkehr günstig, aber im Personenverkehr ungünstig. Aus Zahlentafel IX erhellt nämlich, daß sich die tote Last im Personenverkehr im Jahre 1926/27 (22,93/18,7 = 1,23) um 23% höher stellt, als 1927 bei der

*) und **) Leibbrand: Aufgaben des Eisenbahnbetriebes. Die Reichsbahn. 1929. Nr. 2.

***) Tecklenburg: Die Güterwagenumlaufermittlung. Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen. 1929. Nr. 6.

*) Frahm: Das englische Eisenbahnwesen. S. 285.

Zahlentafel IX.

Änderung der toten Last im Personenverkehr in t.

	1909	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	
Deutsche Reichsbahn . . .	18,45	—	—	—	10,62	10,10	14,70	—	—	18,7	$\frac{18,7}{18,45} = 1,015$
Österr. Bundesbahnen . . .	17,75	—	—	—	—	—	—	—	—	18,1	$\frac{18,1}{17,75} = 1,025$
K. ung. Staatsbahnen . . .	23,65	17,3	8,95	14,7	17,25	18,4	20,1	19,77	21,7	22,93	$\frac{22,93}{23,65} = 0,97$

Deutschen Reichsbahn und um 27% höher, als zu derselben Zeit bei den Österreichischen Bundesbahnen.

Die Verteilung der Leistung an Personenkilometern.

Die verhältnismäßig hohe tote Last im Personenverkehr bei den k. ung. Staatsbahnen folgt in erster Linie daraus, daß ein wesentlich höherer Anteil der Leistung an Personenkilometern auf die I. und II. Wagenklasse entfällt als bei der Deutschen Reichsbahn oder bei den Österreichischen Bundesbahnen. Demzufolge ist es natürlich, daß die Anzahl der Sitzplätze I. und II. Klasse in den Personenwagen der k. ung. Staatsbahnen verhältnismäßig hoch befunden wird und ihre Personenzüge auch schon deshalb mit einer wesentlich höheren toten Last verkehren.

Aus der Leistung an Personenkilometern entfielen bei den Vereinsbahnen in 1909 durchschnittlich 1,41% auf Reisende I. und 12,12% auf solche II. Klasse; die entsprechenden Kennzahlen waren im selben Jahre für die eigenen Strecken der k. ung. Staatsbahnen 3,39% und 27,47%.

Dadurch erklärt sich, daß im Jahre 1909 aus sämtlichen Sitzplätzen in den Personenwagen bei der Deutschen Reichsbahn 2,12% auf die I. und 13,3% auf die II. Klasse, bei den k. ung. Staatsbahnen zu derselben Zeit 6,23% auf die I. und 21,6% auf die II. Klasse entfielen.

Die Verteilung der Personenkilometer nach dem Weltkriege ist in Zahlentafel X dargestellt.

Zahlentafel X.

Verteilung der Personenkilometer-Leistung auf die Wagenklassen in %.

		1919	1922	1924	1926	1927
Bei den Deutschen Eisenbahnen*) . .	auf die I. Klasse	—	0,86	0,32	0,39	0,42
	„ „ II. „	—	9,24	8,32	6,39	5,94
	„ „ III. „	—	34,39	37,59	33,25	31,45
	„ „ IV. „	—	55,51	53,77	59,97	62,19
Bei den Österr. Bundesbahnen . .	„ „ I. „	—	—	—	1,04	0,92
	„ „ II. „	—	—	—	6,88	6,89
	„ „ III. „	—	—	—	92,08	92,19
Bei den k. ung. Staatsbahnen . .	„ „ I. „	2,51	1,86	1,28	1,00	0,89
	„ „ II. „	26,89	14,22	11,91	16,37	16,11
	„ „ III. „	70,60	83,92	86,81	82,63	83,00

*) Statistik der im Betriebe befindlichen Eisenbahnen Deutschlands, Bd. 48. Geschäftsjahr 1927.

Aus der Zusammenstellung ist ersichtlich, daß der Satz der Personenkilometer I. und II. Klasse bei den k. ung. Staatsbahnen auch nach dem Weltkriege bedeutend höher ist, als bei den deutschen Eisenbahnen, oder bei den Österreichischen Bundesbahnen. Nach Angaben in Zahlentafel X beträgt die Verhältniszahl der Personenkilometer I. Klasse bei den k. ung. Staatsbahnen im Verhältnis zu den deutschen Eisenbahnen auch noch 1927 mehr als doppelt soviel. Eine noch ungünstigere, im Verhältnis zu den deutschen Bahnen 2,72fache, zu den Österreichischen Bundesbahnen 2,34fache Verhältniszahl ergibt sich für die Personenkilometer II. Klasse.

Ausnützung der Sitzplätze.

Die Höhe der toten Last wird im Personenverkehr zweifellos auch durch die Ausnützung der Sitzplätze wesentlich beeinflußt.

Vor dem Weltkriege war bei den k. ung. Staatsbahnen auch die Ausnützung der Sitzplätze ungünstiger als bei den Vereinsbahnen im allgemeinen.

So bezifferte sich die Ausnützung der Sitzplätze im Jahre 1909 bei den Vereinsbahnen durchschnittlich mit 25,32%, dagegen bei den k. ung. Staatsbahnen nur mit 22,27%, d. h. auf einen Reisenden entfiel eine durchschnittlich um 4,5mal höhere tote Last, als auf einen Sitzplatz. Dabei müssen wir beachten, daß sich die Ausnützung der Sitzplätze in den einzelnen Klassen verschieden gestaltet. Zweifellos war sie in der I. Klasse am schwächsten, unter 10%*). Hier betrug die tote Last auf einen Reisenden wenigstens zehnmal soviel, als auf einen Sitzplatz. Da überdies die tote Last für einen Sitzplatz I. Klasse 800 kg übersteigt, machte die tote Last für einen Reisenden I. Klasse wenigstens 8000 kg, d. h. wenigstens das Hundertfache des durchschnittlichen Gewichtes eines Reisenden mit Gepäck aus.

Es ist demnach verständlich, daß der Personenverkehr der k. ung. Staatsbahnen vor dem Weltkriege mit bedeutenden toten Gewichten belastet war. Bezeichnenderweise war der Personentarif der k. ung. Staatsbahnen trotz alledem zu jener Zeit am billigsten unter allen größeren Bahnunternehmungen, wie heute auch noch.

Nach dem Weltkriege ist die Ausnützung der Sitzplätze zweifelsohne günstiger geworden, bei den k. ung. Staatsbahnen betrug sie in der zweiten Hälfte 1927/28 immerhin schon 28,74%.

Nach Zahlentafel IX stellte sich die tote Last bei den k. ung. Staatsbahnen 1919/20 und 1920/21, sowie bei der Deutschen Reichsbahn 1922 und 1923 verhältnismäßig günstig. In diesen Jahren konnte bei den k. ung. Staatsbahnen bezüglich ihrer Personenzüge, von einer Bequemlichkeit kaum die Rede sein. Die Züge waren überfüllt, die Abteile und Seitengänge von stehenden Reisenden besetzt, ja sogar auf dem Wagendache haben oft soviel Reisende Platz genommen, wie unter regelrechten Umständen im Wagen. In diesen Jahren überstieg die Ausnützung der Sitzplätze oft 100% erheblich.

Es ist eine Tatsache, daß sich die Personenzugleistung der k. ung. Staatsbahnen in den letzten Jahren, um den Wünschen der öffentlichen Meinung nachzukommen, in höherem Maße erhöht hatte, als die Zahl der Personenkilometer; hierdurch wurde die tote Last gesteigert.

Zur Hebung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes hat man jedenfalls erhöhte Ausnützung der Sitzplätze und dadurch Herabsetzung der toten Last anzustreben.

Verhältnis der Nutzlast zur toten Last im Gesamtverkehr.

Die Änderung der auf eine Nutztonne entfallenden toten Last im Gesamtverkehr wird in Zahlentafel XI wiedergegeben.

Es war eine Folge der hohen toten Last im Personenverkehr, daß sich die tote Last im Gesamtverkehr bei den k. ung. Staatsbahnen sowohl 1909 wie auch 1926/27 höher stellte als bei der Deutschen Reichsbahn oder als bei den Österreichischen Bundesbahnen. Demgegenüber hat sie sich bei den k. ung. Staatsbahnen von 1909 bis 1927 infolge der Abnahme der toten Last im Güterverkehr in höherem Maße vermindert als bei der Deutschen Reichsbahn, während die tote Last des Gesamtverkehrs bei den Österreichischen Bundesbahnen im selben Zeitraume um 18,5% gestiegen ist.

Die auf den gesamten Verkehr bezogene tote Last stellt eigentlich die Resultante der toten Lasten des Personen- und Güterverkehrs vor. Aber die so bestimmte tote Last ist offenbar weniger aufschlußreich als die für den Personen- und Güterverkehr gesondert festgestellten toten Lasten.

Wir haben gesehen, daß die tote Last auf eine Nutztonne im Personenverkehr bedeutend höher ist (bei den k. ung. Staatsbahnen über das 20fache) als im Güterverkehr. Die

*) Kornel v. Zelovich: A vasutak üzemi költsége. „Betriebskosten der Eisenbahnen". Zeitschrift: „Közgazdasági Szemle". Jahrgang 1923. S. 701.



Zahlentafel XI.

Änderung der toten Last (in t) im Gesamtverkehr.

	1909	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	
Deutsche Reichsbahn . . .	2,285	—	—	—	1,72	1,98	1,94	—	2,17	2,02	$\frac{2,02}{2,285} = 0,885$
Österr. Bundesbahnen . . .	2,00	—	—	—	—	—	—	—	—	2,37	$\frac{2,37}{2,00} = 1,185$
K. ung. Staatsbahnen . . .	2,865	3,93	2,83	2,66	2,62	2,41	2,33	2,33	2,46	2,387	$\frac{2,387}{2,865} = 0,833$

tote Last des Gesamtverkehrs stellt sich demnach um so höher, je mehr die Betriebsleistung auf den Personenverkehr entfällt.

Demnach ist die auf den Gesamtverkehr bezogene tote Last nur bei solchen Eisenbahnen zum Vergleich geeignet, wo die Verteilung des Personen- und Güterverkehrs ungefähr die nämliche ist.

Selbstverständlich gilt eine ähnliche Bedingung auch für die als Maß der Wirtschaftlichkeit betrachteten Einheitskosten der Nutztonnenkilometer. Aus diesem Grunde wurde weiter oben betont, daß diese Kosten zum Vergleiche der Betriebsführung der Eisenbahnen innerhalb gewisser Grenzen geeignet seien.

Am Ende des ersten Jahrzehntes unseres Jahrhunderts entfielen auf den Vereinsbahnen aus der gesamten Betriebsleistung an Bruttotonnenkilometern im Mittel 25% auf den Personenverkehr. Hieraus folgt, daß bei allen Eisenbahnen, wo die Leistung des Personenverkehrs in Bruttotonnenkilometern angenähert im angegebenen Verhältnis zum Gesamtverkehr steht — bei den meisten Vereinsbahnen lag ein ähnliches Verhältnis vor — die Einheitskosten auf ein Nutztonnenkilometer als ein geeignetes Maß zum Vergleich der Wirtschaftlichkeit des Betriebes gewählt werden konnten.

Das Vorherrschen des Personenzugverkehrs.

Aus dem Vorausgeschickten erklärt sich, daß die Höhe der toten Last des Gesamtverkehrs durch die Änderung der Verkehrsverhältnisse wesentlich beeinflußt wird.

Im Gesamtverkehr der k. ung. Staatsbahnen hat die tote Last 1926/27 gegenüber der von 1909 in 4,6mal geringerem Maße abgenommen als im Güterverkehr. Die geringere Abnahme im Gesamtverkehr hängt mit der verhältnismäßig bedeutend höheren toten Last des Personenverkehrs zusammen.

Einer bedeutenderen Abnahme der toten Last im Gesamtverkehr stand auch der Umstand im Wege, daß die Leistung der Personenzüge in den letzten Jahren einen viel höheren Anteil der gesamten Bruttotonnenkilometer bildete als vor dem Weltkriege. So entfielen bei den k. ung. Staatsbahnen aus der Gesamtleistung an Bruttotonnenkilometern 1925/26 43,6%, 1926/27 43,3% auf den Personenzugverkehr, während dieser Anteil 1909 nur 24,24% betrug.

Wenn die Leistung an Bruttotonnenkilometern der Personenzüge 1926/27 nicht 43,3%, sondern, wie in den guten alten Zeiten nur 25% der Gesamtleistung ausgemacht hätte, so wäre zur Beförderung einer Nutztonne des Gesamtverkehrs anstatt 2,37 t nur eine tote Last von 1,71 t erforderlich gewesen, d. h. eine um $\left(\frac{2,02}{1,71} = 1,18\right) = 18\%$ geringere tote Last als bei der Deutschen Reichsbahn 1927.

Bei den k. ung. Staatsbahnen entfielen aus der Leistung an Bruttotonnenkilometern auf die Personenzüge im Jahre 1909 24,24%, im Jahre 1926/27 43,3%. Die verhältnismäßige Zunahme beträgt $\left(\frac{43,3}{24,24} = 1,79\right) = 79\%$.

Bei den Österreichischen Bundesbahnen war der Anteil der Personenzüge an der Gesamtleistung 1909 17,75%, 1927 36,8%. Die Zunahme beziffert sich hier $\left(\frac{36,8}{17,75} = 2,07\right)$ auf 107%. Demgegenüber entfielen aus der gesamten Leistung an Bruttotonnenkilometern bei den deutschen Bahnen im Jahre 1909 26,81, bei der Deutschen Reichsbahn im Jahre 1927 30% auf die Personenzugleistung. Die relative Zunahme war nur $\left(\frac{30,00}{26,81} = 1,12\right)$ 12%, d. h. bezogen auf die k. ung. Staatsbahnen 6,5mal, auf die Österreichischen Bundesbahnen 8,9mal geringer.

Mit Hinsicht auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebes werden die k. ung. Staatsbahnen durch das bedeutende Überragen des Personenzugverkehrs vor eine schwere Aufgabe gestellt. Wir dürfen nämlich nicht vergessen, daß sowohl für die k. ung. Staatsbahnen wie für die meisten größeren Bahnverwaltungen der Personenverkehr auch vor dem Weltkriege mit Verlusten verknüpft war, aber entfernt nicht in dem Maße, wie heute infolge des Vorherrschens des Personenverkehrs.

Es ist offenbar, daß der Gütertarif, um die Verluste im Personenverkehr auszugleichen, zur Erhaltung des wirtschaftlichen Gleichgewichtes höher gesetzt werden muß, als es ohne die erwähnten Verluste nötig wäre. Daraus folgt, daß das Übergewicht des Personenverkehrs, wenn der Personentarif nicht entsprechend erhöht wird, einen verhältnismäßig höheren Gütertarif verlangt.

Aus unseren Betrachtungen über die tote Last können wir den Schluß ziehen, daß man beim Vergleiche der Betriebsführung der Eisenbahnen mit Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit, in Verbindung mit der Berechnung der Einheitskosten des Nutztonnenkilometers, die Höhe der toten Last gesondert für den Personen- und für den Güterverkehr festzustellen und das Verteilungsverhältnis des Verkehrs in Personen- und Güterverkehr zu berücksichtigen hat.

Verhältnis der Nutzzeit zur Verlustzeit.

Aus unseren bisherigen ausführlichen Betrachtungen geht klar hervor, daß der Wirkungsgrad des Eisenbahnbetriebes durch das Verhältnis der Nutzlast zur toten Last erheblich beeinflußt wird.

Da der Wirkungsgrad des Betriebes das Verhältnis der Nutzleistung zur Gesamtleistung darstellt, ist es selbstverständlich, daß auf diesen Wirkungsgrad und hierdurch auf die Betriebskosten außer dem Verhältnisse der Nutzlast zur toten Last auch das Verhältnis der nützlichen zur unnützen Zeit, d. h. auch der Wagenumlauf einen beträchtlichen Einfluß ausübt.

Im Güterverkehr der Eisenbahnen bedarf wohl der Wagenumlauf einer Beschleunigung.

Es steht außer Zweifel, daß, je kürzer der Wagenumlauf, desto öfter die Fahrzeuge zur Beförderung benützt werden können. In diesem Falle kann derselbe Güterverkehr mit weniger Wagen bewältigt werden. Als günstige Folge tritt auf, daß neue Wagen erst später beschafft werden müssen.

Je schneller der Wagenumlauf, je kürzer die zu den einzelnen Fahrten erforderliche Zeit, desto kürzere Zeit sind die Strecken und die Bahnhöfe durch Wagen besetzt, desto höher stellt sich ihre Leistungsfähigkeit. Demnach können wir letzten Endes durch die Beschleunigung des Wagenumlaufes die Leistungsfähigkeit der Eisenbahn gewissermaßen steigern und ihre Betriebskosten herabsetzen.

Güterwagenumlauf bei den kön. ungar. Staatsbahnen.

Die Beschleunigung des Wagenumlaufes und damit der Güterbeförderung ist heute, wegen des Wettbewerbs der Kraftwagen, sozusagen eine Lebensfrage. Es ist demnach verständlich, daß sich die größeren Eisenbahnen neuerdings mit dieser Frage eingehend befassen und die Umlaufzeit der Güterwagen zu verkürzen bestrebt sind.

Bei den Staatsbahnen des unversehrten Ungarns betrug die durchschnittliche Umlaufzeit der Güterwagen vor dem Weltkriege, im Jahre 1913, rund 6 Tage. Dieser Wert hat sich schon während des Jahres 1914 auf 9,4 Tage erhöht.

Bei den verkrüppelten Staatsbahnen des verstümmelten Landes war die Wagenumlaufzeit im Sommer 1919 sogar 62,4 Tage, die aber bis zum Jahresschluß auf 27,7 Tage herabgedrückt werden konnte.

Den andauernden Bestrebungen nach wirtschaftlichem Betriebe entsprach eine allmähliche Abnahme der Wagenumlaufzeit. Ende 1920 betrug diese im Mittel 16,5, Ende 1921 11,1, Ende 1922 10,2 Tage*).

Die durch die Berechnungen der Verkehrshauptsektion der k. ung. Staatsbahnen ermittelte Wagenumlaufzeit in den letzten vier Kalenderjahren wird in Zahlentafel XII dargestellt.

Zahlentafel XII.
Wagenumlaufzeit bei den k. ung. Staatsbahnen.

	1925	1926	1927	1928	
Gedeckte Güterwagen .	10,05	8,61	6,73	6,50	Tage
Offene „ .	9,88	8,00	5,94	6,01	„

Aus den Angaben der Zahlentafel ist eine erhebliche Besserung in den letzten Jahren zu erkennen und es zeigt sich, daß durch zielbewußte, folgerichtige Arbeit trotz ungünstiger Umstände Erfolge erreicht werden können.

Wohl ist die Wagenumlaufzeit bei der Deutschen Reichsbahn bedeutend kürzer. Nach Beobachtungen betrug die volle Umlaufzeit im Herbst 1925 96,22 Stunden**), d. h. etwas mehr, als 4 Tage. Im Herbst 1928 ergab sich sogar eine volle Umlaufzeit zu 73,1 Stunden, d. h. zu 76% des Wertes von 1925.

Beim Vergleich darf man aber nicht außer Acht lassen, daß einerseits die Grundgeschwindigkeit der Güterzüge bei der Deutschen Reichsbahn infolge Einführung der durchgehenden Bremse viel höher ist als bei den k. ung. Staatsbahnen und das Rangieren auf den zeitgemäß eingerichteten Deutschen Bahnhöfen durch Mechanisieren des Dienstes bei den Ablaufbergen viel schneller vor sich geht, als in den Rangierbahnhöfen älterer Bauart der k. ung. Staatsbahnen; ferner, daß in und vor den Bahnhöfen der Deutschen Reichsbahn viel günstiger entwickelte Gleisanlagen zur Verfügung stehen und das Beladen und Entladen, auch durch die Verwendung von Schnellentladewagen, rascher geschieht als bei den k. ung. Staatsbahnen.

Auf die Wagenumlaufzeit der Deutschen Reichsbahn übt außerdem der viel stärkere, dichtere Verkehr einen günstigen Einfluß aus, da er es ermöglicht, die entladenen Wagen häufiger in demselben Bahnhof wieder zu beladen.

Bei der oben erwähnten Beobachtung des Wagenumlaufes im Herbst 1928 hat man der Weiterverwendung von 101 194 Wagen nachgeforscht und gefunden, daß über die Hälfte dieser Wagenmenge, 53484 Wagen, nach dem Entladen in demselben Bahnhof sofort wieder zur Aufnahme von Gütern benützt wurden*).

Dagegen wirkt bei den k. ung. Staatsbahnen das Vorherrschen des Personenzugverkehrs auch hinsichtlich des Wagenumlaufes ungünstig. Bei dichter Personenzugfolge müssen nämlich die Güterzüge in den Bahnhöfen zwecks Kreuzung oder Überholung länger warten. Dieser Umstand fällt offenbar dem Wagenumlauf auf eingleisigen Strecken stärker zur Last. In dieser Beziehung befindet sich die Deutsche Reichsbahn wieder in einer viel günstigeren Lage als die k. ung. Staatsbahnen, einerseits, weil bei der Deutschen Reichsbahn das Vorherrschen des Personenzugverkehrs nicht in dem Ausmaße vorliegt wie bei den k. ung. Staatsbahnen, andererseits, weil der Anteil an zwei- und mehrgleisigen Strecken bei der Deutschen Reichsbahn viel höher ist als bei den k. ung. Staatsbahnen.

Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes und die wissenschaftliche Technik.

Selbstverständlich werden sowohl durch die Minderung der toten Last wie auch durch die Beschleunigung des Wagenumlaufs größere Erfolge erzielt bei Bahnunternehmungen, die in ihren Einrichtungen auf der Höhe der Fortschritte der wissenschaftlichen Technik verbleiben können. Bei den Bestrebungen zur Hebung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes muß man folglich die Bahneinrichtungen durch die Verwendung der neuesten Errungenschaften der wissenschaftlichen Technik ständig vervollkommnen.

Der Wahlspruch der ersten, dem öffentlichen Verkehr dienenden Bahn, der 1825 in Betrieb genommenen Eisenbahn Stockton—Darlington lautete: „Periculum privatum, utilitas publica. (Gefahr des einzelnen, Nutzen der Allgemeinheit.)

Durch ein Jahrhundert strebte die wissenschaftliche Eisenbahntechnik an, das „periculum privatum“ zu mildern und die „utilitas publica“ zu erhöhen.

Dieselbe Aufgabe bietet sich ihr auch in der Zukunft, die sie nur dann zu lösen vermag, wenn ihre Winke durch die Bahnverwaltungen befolgt werden.

In der Entwicklung der Einrichtungen der Eisenbahnen gibt es keine Rast, die Beharrung kommt schon dem Rückfalle gleich.

Das berühmte Weltgesetz von Herakleitos, wonach sich alles bewegt, verändert, fließt (*πάντα ῥεῖ*), trifft nämlich mehr als irgendwo auf den Eisenbahnverkehr zu.

*) Dionys Kelety: A magyar államvasutak gazdasági és pénzügyi helyzete. Wirtschaftliche und Finanzlage der k. ung. Staatsbahnen. Zeitschrift: „Közgazdasági Szemle“. 1923. S. 570.

**) Heineck: Die Güterzugbildung als Grundlage eines beschleunigten Wagenumlaufes. Verkehrstechnische Woche 1926. Heft 48.

*) Tecklenburg: Die Güterwagenumlaufermittlung. Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen. 1929. Nr. 6.

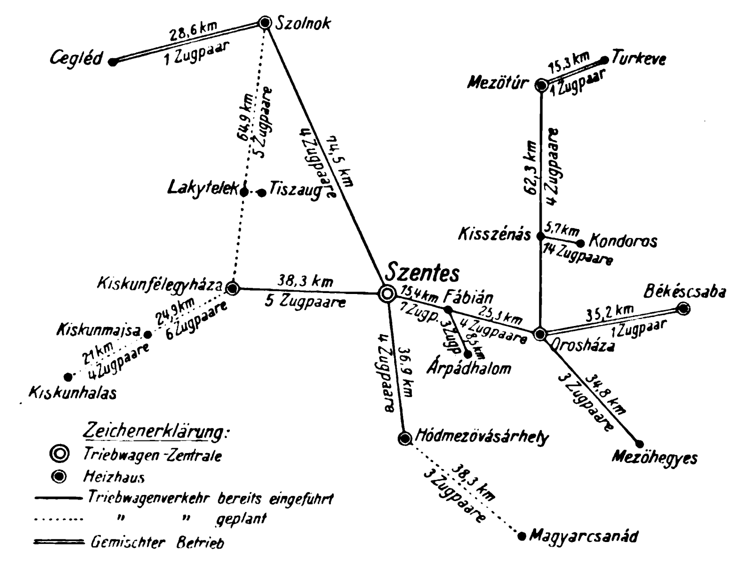
Grundsätzliches über die Verwendung von Öltriebwagen.

Von Dipl.-Ing. Dr. **Gabriel von Veress**, Betriebsdirektor der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Die Verwendung von Triebwagen mit Verbrennungskraftmaschinen, hier kurz Öltriebwagen genannt, nahm nach dem Kriege bei vielen Großbahnen einen großen Aufschwung. Die unvermittelt gestellten Ansprüche nach gesteigerter Verkehrsleistung früher (vor dem Kriege) vernachlässigter Verkehrswege, die wirtschaftlich bedrängte, auch durch den Kraftwagenwettbewerb verschärfte Lage der Eisenbahnen und schließlich die Entwicklung der Technik der Verbrennungskraftmaschinen brachten den Eisenbahnen ein neues Verkehrsmittel, eben den Öltriebwagen.

Einige Bedingungen der Verwendung. Der Öltriebwagen dient der Abwicklung eines verhältnismäßig schwachen Verkehrs, ist also für kleine Leistungen bestimmt, die die Großbahnen mit ihren gewöhnlichen Verkehrsmitteln nur unwirtschaftlich bewältigen könnten.

Der Begriff „kleine Leistung" ist jedoch näher zu erklären. Rein technisch wäre es am einfachsten zu sagen, daß jene Leistungen klein zu nennen sind, zu deren Abwicklung Regelspurlokomotiven zu verwenden nicht mehr wirtschaftlich ist, also Leistungen der Beförderung von Zuglasten etwa unter 100 t bei mittleren Geschwindigkeiten.



Übersicht
des Bereiches der Triebwagenzentrale in Szentes (Ungarn).

Demgegenüber werden aber in den Vereinigten Staaten aus bekannten wirtschaftlichen Gründen auch zur Beförderung von Zuglasten weit über 100 t noch Triebwagen von 300 bis 800 PS verwendet.

Bei den ungarischen Staatsbahnen werden in der Mehrzahl zweiachsige Triebwagen von 75 bis 90 PS Leistung verwendet; die Privatbahnen gehen mit der Leistung noch weiter herab, sie verwenden Schienen-Autobusse und sogar Schienenautos im öffentlichen Verkehr. (!)

Im nichtamtlichen Teil der „Reichsbahn" (4. Jahrgang, Heft 43 vom 24. Oktober 1928, S. 922) veröffentlicht Reichsbahndirektor Student einen beachtenswerten Aufsatz über die Kosten des Triebwagendienstes und bezeichnet als die untere Grenze für Verwendung von Triebwagen einen Verkehr, der noch zu stark ist, „um ihn kampflos dem Autoverkehr zu überlassen". An anderer Stelle meint Student, daß für die Verwendung der zweiachsigen 75 PS-Triebwagen der öffentliche Verkehr wenig Gelegenheit bietet, so daß eine weitere Beschaffung dieser Wagen sich nicht empfehle.

Die obere Grenze der „kleinen Leistung" ist also unbestimmt, weil hier wirtschaftliche Gegebenheiten von Land zu Land stark mit hineinspielen. Ihre untere Grenze ist gegeben durch die Auffassung der Bahnen über die Größe des Verkehrs, der dem Kraftwagenwettbewerb kampflos überlassen werden kann.

Diese Unbestimmtheit wäre denjenigen Beurteilern vor Augen zu halten, die hier an einer bestimmten Grenze grundsätzlich festhalten möchten und freier handelnde Bahnen wegen Überschreitungen nach der oberen oder nach der unteren Grenze hin verurteilen.

Das Verwendungsgebiet der Triebwagen ist nicht nur nach der Verkehrsleistung zu begrenzen. Die Verbrennungskraftmaschine ist bekanntlich Leistungsschwankungen weniger gewachsen, als die Dampfmaschine. Da aber Verkehrsschwankungen im allgemeinen unvermeidlich sind, so müssen wenigstens diejenigen Leistungsschwankungen vermieden werden, die sich durch den Betrieb auf Strecken mit stark wechselndem Gefälle ergeben könnten. Man verwende daher Triebwagen möglichst auf ebenen Strecken mit Neigungen unter 1:100, weil die Überwindung von Steigungen Kraftreserven erfordert, die in den ebenen Teilen der Strecke unausgenützt blieben. Die schnellaufenden Dieselmaschinen sind in dieser Beziehung günstiger, da sie sowohl bei halber, als auch bei voller Belastung annähernd mit demselben Brennstoffverbrauch arbeiten; sie sind jedoch derzeit noch bei weitem nicht vollendet, sondern erst in der Entwicklung begriffen. Ihre Verwendung auf Gebirgsstrecken würde durch die nötige Kraftreserve zur Erhöhung der Kapitalkosten führen.

Wenn auch die Triebwagen nur auf ebenen Strecken in Verkehr gesetzt werden, so bleiben noch immer diejenigen regelmäßigen und unregelmäßigen Leistungsschwankungen, die im Eisenbahnbetrieb nicht zu umgehen sind.

Zeitliche Leistungsschwankungen ergeben sich aus den regelmäßig wiederkehrenden Verkehrsstößen, und zwar:

a) tägliche (Arbeiterverkehr, Beamtenverkehr, Schülerverkehr);
b) wöchentliche (zu Wochenmärkten, Festtagsverkehr);
c) jährliche (Jahrmärkte, religiöse Feste, politische und sportliche Veranstaltungen usw.).

Diese Schwankungen müssen dem Betriebe bekannt sein und dürfen keine Überraschungen verursachen.

Unregelmäßige Leistungsschwankungen entstehen z. B. durch plötzliche Änderung der Witterung (Schnee, Wind) und mitunter durch unerwartete Erhöhung der Ausnützung der Züge.

Der Triebwagenbetrieb muß diesen unvermeidlichen Schwankungen innerhalb vernünftiger Grenzen gewachsen sein.

Maschinelle Einrichtung. Um die Schwierigkeiten zu überwinden, die aus den Verkehrsschwankungen entstehen, könnte man im allgemeinen auf drei Arten verfahren.

Erstens kann man einen gemischten Betrieb führen und zwar schwere Züge mit Dampflokomotiven, leichtere Züge mit Triebwagen. Diese Betriebsführung bietet Schwierigkeiten wegen Aufstellens und Instandhaltens zweier Maschinenarten. Es ist sehr schwer, die Betriebsausgaben nach ihnen zu trennen, das Personal wird zu wesentlich verschiedenen Diensten mit verschiedener Entlohnung herangezogen.

Zweitens könnte der Betrieb durchwegs mit Triebwagen abgewickelt werden und Lokomotiven stünden als Reserve für Ausnahmefälle zur Verfügung. Die Reservelokomotiven können jedoch gewöhnlich den Forderungen des auf reinen Triebwagenbetrieb zugeschnittenen Fahrplans nicht entsprechen (siehe unten).

Drittens könnten Triebwagen mit überstarken Maschinen verwendet werden, wobei die Kapitalkosten größer werden und

der Betrieb bei kleineren Leistungen weniger wirtschaftlich wird. Bauen wir aber Maschinen für verschiedene Leistungen, so wird der Betrieb durch die Vielheit der Triebwagentypen unwirtschaftlich.

Die Maschinenanlage der möglichst auf ebenen Strecken zu verwendenden Triebwagen soll a) den bereits erwähnten unvermeidlichen Schwankungen des Verkehrs gewachsen sein, b) aus normierten Einheitselementen zusammengestellt sein und c) mit größter Wirtschaftlichkeit arbeiten.

Diesen Bedingungen könnten Maschinenanlagen genügen, deren Motoren aus Einheitszylindern von rund 20 PS Leistung zu Vierzylinder- oder zu Sechszylinder-Motoren von 80 und 120 PS Leistung zusammengebaut sind. Diese Maschinenanlagen können zu zweien in vierachsige Triebwagen eingebaut werden. Wenn die beiden Maschinenanlagen der zwei Triebwagentypen (Type I = 2 × 80 PS, Type II = 2 × 120 PS) unabhängig voneinander betätigt werden können, so lassen sich mit diesen zwei Triebwagentypen folgende Leistungen erreichen:

1. Type I mit einem Motor arbeitend . . . . 80 PS
2. Type II mit einem Motor arbeitend . . . . 120 PS
3. Type I mit zwei Motoren arbeitend . . . . 160 PS
4. Type II mit zwei Motoren arbeitend . . . 240 PS

Mit diesen Typen kann jede der oben geschilderten, regelmäßigen und unregelmäßigen Schwankungen des Verkehrs überwunden werden, sie gestatten die Verwendung von Einheitsmaschinen und sichern eine wirtschaftliche Betriebsführung.

Man könnte diese Typen weiter vereinfachen und eine einzige Type bauen u. zw. einen vierachsigen Triebwagen mit zwei Maschinenanlagen, von denen die eine 80 PS, die andere 120 PS leistet. Durch wahlweise Benützung der einen oder anderen Maschinenanlage oder durch ihre gleichzeitige Benützung, kann dieser Triebwagen in drei Leistungsstufen (80, 120 oder 200 PS) arbeiten.

Es muß noch erwähnt werden, daß Triebwagen mit elektrischer Kraftübertragung neben vielen Nachteilen den großen Vorteil besitzen, daß sie zur Überwindung von Leistungsschwankungen besonders geeignet sind, da während des ganzen Fahrbereiches die Leistung des Verbrennungsmotors in seiner besten Arbeitslage ausgenützt werden kann.

Vergleich mit dem Dampfbetrieb. In der sonst sehr kargen Literatur über Öltriebwagen bildet der Vergleich zwischen Triebwagen und Dampflokomotive eine stets wiederkehrende Streitfrage. Die Vorteile des Triebwagenbetriebes sind dort weit und breit erörtert, es scheint jedoch erwünscht, einiges noch schärfer hervorzuheben.

Vor allem sei auf den großen Vorteil des Triebwagens hingewiesen, daß für ihn bei gleichem Oberbau ein größerer Achsdruck und eine größere Geschwindigkeit zulässig ist, als für die Dampflokomotive. Dieser Vorteil hat für Bahnen mit schwachem Oberbau eine große Bedeutung und der Wert dieses Vorteils läßt sich an Hand der Anlage I des Achsdruckverzeichnisses gut beurteilen.

Der Betrieb steht nämlich auf Bahnen mit schwachem Oberbau oft einem Grenzfall gegenüber, der sowohl die Fahrplangestaltung, als auch den Zugförderungsdienst erschwert und zu ungünstigen, unwirtschaftlichen Halblösungen zwingt.

Die Zulässigkeit größerer Achsdrücke und größerer Geschwindigkeiten für Triebwagen erklärt sich aus folgendem:

In den Technischen Vereinbarungen (§ 102, 3) ist bindend vorgeschrieben, daß bei Lokomotiven „die an jedem Rade bei der größten zulässigen Geschwindigkeit auftretende freie Fliehkraft nicht mehr als 15% des im Stillstand gemessenen Raddruckes betragen darf". Das ist ein Kompromiß zwischen der Achsdruckänderung (lotrechte Komponente der freien Kräfte) und der Schlingerbewegung der fahrenden Lokomotive. Mit Rücksicht auf diese Regel darf man bei Triebwagen, bei deren Lauf keine Achsdruckänderungen auftreten, weil unausgeglichene Massen und freie Kräfte nicht vorhanden sind, einen um 15 v. H. größeren Achsdruck gestatten.

Mit dem Zuschlage von 15 v. H. auf den im Stillstand gemessenen Raddruck ist dem Bestreben, die Schlingerbewegung zu beheben, eine Grenze gesetzt. Es bleiben bei Dampflokomotiven immer unausgeglichene freie Kräfte übrig, die Schlingerbewegung erzeugen und die die Höhe der Geschwindigkeit begrenzen. Bei Triebwagen gibt es keine freien Massen, folglich keine Schlingerbewegung und keine Geschwindigkeitsbegrenzung mit Rücksicht auf freie Kräfte.

Auf Grund von Erwägungen, die hier zu weit führen würden, kann man auf demselben Oberbau die zulässige Geschwindigkeit für Triebwagen um 25 v. H. erhöhen.

Dagegen könnten Kreiselwirkungen in Betracht kommen, sie können jedoch bei den nur geringen Schwungradmassen der Triebwagen vernachlässigt werden.

Um 15 v. H. größerer Achsdruck, um 25 v. H. größere Geschwindigkeit dürften sicher jedem Betriebsmann willkommen sein, der mit schwachem Oberbau zu tun hat.

Ferner hat der Öltriebwagen einen viel größeren Fahrbereich als die Dampflokomotive. Dieser Vorteil kommt besonders bei Lokalbahnen zum Vorschein, bei denen mit den Betriebseinrichtungen meist sehr gespart wird. (Kohlenbeschickung durch Hand, Wasserfassen durch Strahlpumpen usw.) Auf diesen Linien verkehren meistens kleine Lokomotiven mit kleinem Wasser- und Kohlenvorrat, die zu häufigen und langen Dienstaufenthalten nötigen. Lange Strecken können mit Triebwagen in kürzerer Reisezeit zurückgelegt werden als mit Dampflokomotiven, die nur in weit entfernten Stationen gewechselt werden können und viele Dienstaufenthalte erfordern. Deshalb kommt es sehr oft vor, daß der richtig eingesetzte Triebwagen, wie schon oben erwähnt, bei demselben Fahrplan nicht durch eine Dampflokomotive ersetzt werden kann.

Es mögen von den oft erwähnten Vorteilen der Triebwagen die soeben angeführten deshalb hervorgehoben werden, da sie gelegentlich für die Verwendung entscheidend sein können.

Und nun zum springenden Punkt! Nach den eingehenden Ausführungen des Reichsbahndirektors Student ist dem Vergleiche der Wirtschaftlichkeit wenig hinzuzufügen. Nun wäre zu betonen, daß für die Wirtschaftlichkeit des Triebwagens seine richtige Verwendung von besonderer Bedeutung ist. Bei richtiger Verwendung muß die Kilometerleistung (auf das Jahr, oder zwischen zwei Hauptausbesserungen) möglichst groß sein. Hier erleidet der Triebwagen oft eine ungerechte Beurteilung. Der Triebwagen ist Maschine und Wagenzug in einem. Wird die Dampflokomotive zur Ausbesserung oder Nachschau abgestellt, so läuft und verdient der Zug weiter; wird aber der Triebwagen abgestellt, so fallen seine Einkünfte aus. Der Triebwagenbetrieb ist also dann am Platze, wenn es sich lohnt, einen ausreichenden Reservevorrat an Maschinenausrüstungen zu halten. Als Reserve sollen möglichst vollständige Maschinen als Ersatz der wegen Nachschau und Ausbesserung ausfallenden zur Verfügung stehen. Man denke sich z. B. einen Betrieb mit sechs Triebwagen, der bei einer täglichen Leistung von 200 km im Jahre rund 430000 km zu leisten vermag, dem daneben noch eine Reservemaschine zur Verfügung steht, so daß also wegen Ausbesserung und Untersuchung keine Leistung der Triebwagen verloren geht. Hat man aber bei diesem Betriebe keine Reserveanlage und braucht jeder Wagen etwa zwei Monate für Untersuchung und Ausbesserung, so fällt für den Betrieb im ganzen Jahre ein Wagen aus, das sind 72000 km Leistung.

Den Vergleichsversuchen zur Bestimmung der Wirtschaft-

lichkeit haftet meistens der Fehler an, daß man eine Triebwageneinheit mit einer Lokomotiveinheit vergleicht. Beim Vergleiche der beiden Betriebsmittel wird oft vergessen, daß die Dampflokomotive auf eine hundertjährige Entwicklung zurückblickt und daß die Großbahnen mit allen ihren technischen und betrieblichen Einrichtungen, sowie in der Besetzung dem Dampflokomotivbetriebe angepaßt sind. Man legt den Kostenberechnungen und Vergleichen diejenigen Zahlen zugrunde, die sich im Lokomotivgroßbetriebe ergeben haben und erwartet vom Triebwageneinzelbetrieb ähnliche Erfolge. Bei diesem Vorgehen ist das Ergebnis natürlich ein bloß geringfügiger Unterschied im Werte einiger Scheidemünzen zugunsten oder zu Lasten der Öltriebwagen.

Beispiel für einen ausschließlichen Öltriebwagenbetrieb. Zum Schluß sei noch ein Beispiel zur Beleuchtung der Verhältnisse eines Betriebes gegeben, bei dem der Personenverkehr ausschließlich mit Öltriebwagen abgewickelt wird. In dem beigefügten Bilde sind die Streckenlängen in Kilometer, die Dichte des Personenverkehrs in Zugpaaren angegeben und die Streckenabschnitte durch Stationsnamen bezeichnet. Auf den einzelnen Streckenabschnitten verkehren die angegebenen Zugpaare als Triebwagenzüge und überdies täglich überall ein Güterzugpaar mit Postwagen. Briefpost, Gepäck und Expreßgüter befördern aber auch die Triebwagen.

Von den mit diesem Triebwagenbetrieb gemachten reichlichen Erfahrungen sei hier folgendes besonders hervorgehoben.

Die Anzahl der Reisenden hat sich seit Einführung dieses Betriebes bedeutend vermehrt. Früher verkehrten auf diesen Linien ausschließlich gemischte Züge, deren lange Reisezeit allmählich zu einer regen Belebung des Kraftwagenverkehrs auf den gleichlaufenden Landstraßen geführt hatte. Die Zunahme des Personenverkehrs belief sich im Jahre 1927/28 auf 64,5 v. H. gegenüber dem Jahre 1925/26 und auf weitere 42,6 v. H. gegenüber dem Vorjahre. Der Zuwachs der Reisenden ist größer, als jener der Personenkilometer, was auf eine Belebung des Nah-Personenverkehrs hinweist. Einige Kraftwagengesellschaften waren seither genötigt, ihren Betrieb einzustellen.

Zur Abwicklung des Verkehrs durch die Triebwagenzentrale in Szentes sind 26 Triebwagen nötig. Die tägliche Leistung dieses Triebwagenparks beträgt 4062,8 km. Die Jahresleistung ist also rund anderthalb Millionen Zugkilometer und es fallen auf einen Triebwagen im Jahre rund 58000 km. Als Reserve sind weitere vier Triebwagen und zwei komplette Maschinenausrüstungen zu rechnen.

Wollte man denselben Fahrplan mit Dampflokomotiven fahren, so müßten statt 26 Triebwagen 32 Lokomotiven und bei Einrechnung der Reserven statt 30 Triebwagen nebst zwei Maschinenausrüstungen 42 Dampflokomotiven eingestellt werden.

Bei einem Vergleich von Triebwagen und Lokomotive sollte diesem Verhältnis des Standes an Betriebsmitteln eine größere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Tränkung mit einer Mischung von Buchenholzteeröl und Mineralölprodukt.

Von **Josef Gellért**, Dipl.-Ing., Oberinspektor.

Wie die meisten Eisenbahnen in Mitteleuropa, so haben auch die ungarischen Staatsbahnen die Tränkung im Anfang mit Metallsalzen ausgeführt.

Nach den ungünstigen Ergebnissen der Metallsalztränkung wurde in den Jahren 1901 bis 1913 die Tränkung mit Öl begonnen. Da Steinkohlenteeröl im Inlande nicht zu beschaffen war, dagegen die in den Waldgegenden Groß-Ungarns tätigen Holzdestillationen Buchenteeröl in beträchtlicher Menge erzeugten, bot sich die Gelegenheit zur Tränkung mit Buchenholzteeröl.

Das verwendete Öl enthielt gemäß den damaligen Bestimmungen mehr als 32% Bestandteile antiseptischer Wirkung. Infolge dieses hohen Anteils erschien es wirtschaftlich, das Buchenteeröl verdünnt anzuwenden.

Dipl.-Ing. Oberinspektor Johann Polifka, der Tränkungsreferent bei der Direktion der k. ung. Staatsbahnen, sowie sein Mitarbeiter Chemiker Albert Grittner haben im Jahre 1897 vorgeschlagen, das Buchenteeröl mit einem in der Petroleumraffinerie als Nebenprodukt gewonnenen billigen Öl verdünnt zur Schwellentränkung zu verwenden.

Dieser Vorschlag wurde angenommen; nach den günstigen Ergebnissen kleinerer Versuche wurde im Jahre 1901 für dieses Verfahren in Perecseny eigens eine Öltränkanlage gebaut, wohl die erste, die eine solche Ölmischung verwendete. —

In dieser Anlage wurden folgende Mengen von Buchenschwellen getränkt:

Im Jahre 1901 . . .	9418	Stück	Buchenschwellen
„ 1902 . . .	20940	„	„
„ 1903 . . .	54237	„	„
„ 1904 . . .	37638	„	„
„ 1905 . . .	50362	„	„
„ 1906 . . .	43275	„	„
„ 1907 . . .	44595	„	„
Insgesamt: . .	260461	Stück	Buchenschwellen.

Die Aufnahme einer 2,70 m langen Schwelle betrug durchschnittlich 30 kg Ölmischung. Diese Mischung enthielt 3 kg Buchenteeröl und 27 kg Verdünnungsöl. Die fäulniswidrigen Bestandteile betrugen also 3,2%.

Um die Haltbarkeit der getränkten Schwellen ständig beobachten zu können, wurden auf den verkehrsreichsten Hauptlinien Versuchsstrecken angelegt. Der Oberbau dieser Versuchsstrecken bestand aus Schienen 42,8 kg/m mit eisernen Unterlegplatten; die Befestigung war mittels dreier Schienennägel (nicht Schwellenschrauben) erfolgt. Die Bettung ist Steinschlag.

Erwähnenswert ist auch der Umstand, daß die Schwellen vor der Tränkung nicht gebohrt wurden.

Diese Versuchsstrecken wurden von namhaften Sachverständigen, sogar aus fremden Weltteilen, wiederholt besichtigt. (Abb. 1 und 2).

Die Ergebnisse dieser Versuche sind aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlich.

Nach der Zusammenstellung trat in den Versuchsstrecken Nr. I bis III die Notwendigkeit eines Ausbaues von größerem Umfange erst im 23. Jahre der Liegedauer ein.

Bedeutend besser ist aber das Ergebnis der IV. Versuchsstrecke, bei der in den ersten 23 Jahren bloß 2% des Bestandes ausgebaut wurden.

Auf Grund meiner langjährigen Beobachtungen der ausgebauten Schwellen gelangte ich zu der Überzeugung, daß die Schwellen keine Zeichen von kränklichen Veränderungen oder von Fäulnis aufwiesen, sondern ausschließlich wegen mechanischer Zerstörung der Schienenauflagefläche ausgebaut werden mußten.

Die Zerstörung wurde insbesondere durch die spaltende Keilwirkung der Schienennägel begünstigt; es kann angenommen werden, daß bei Verwendung von Schwellenschrauben oder noch mehr bei Anwendung einer getrennten Befestigung der Ausbau viel geringer gewesen wäre.



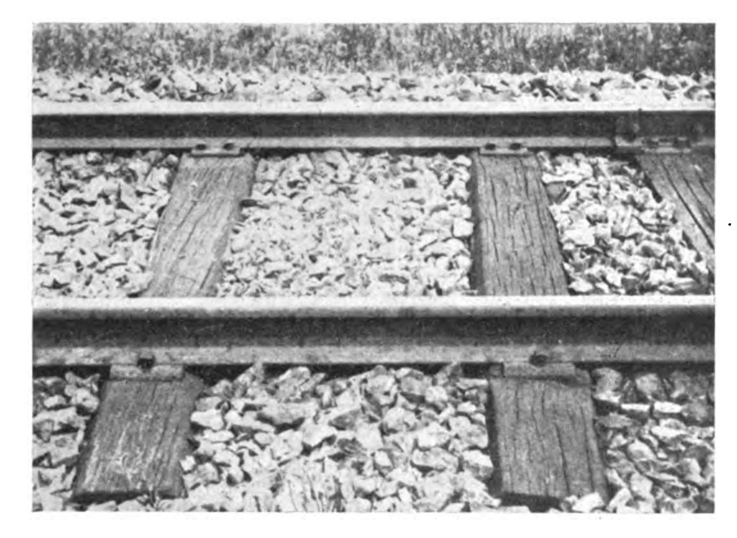


Abb. 1. 27 jährige Buchenholzschwellen.

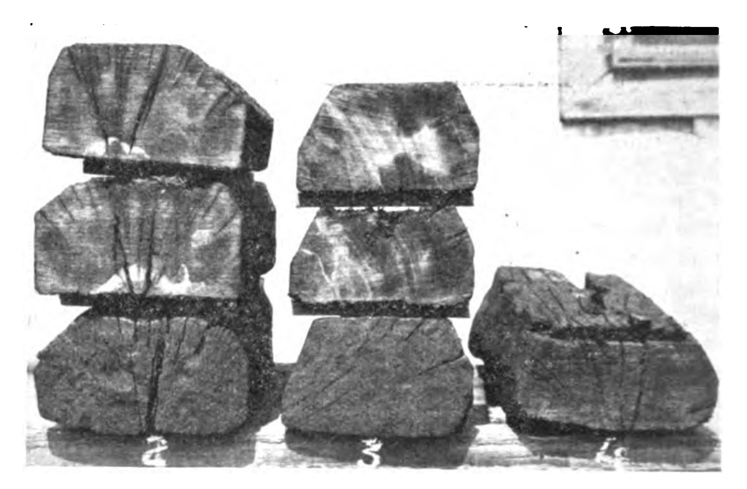


Abb. 2. Querschnitt von 25 jährigen Schwellen.

Zusammenstellung der Buchenholz-Versuchstrecken.

I. = Tápió Szele—Tápió Györgye
II. = Ujszász—Szolnok
III. = Ujszász—Szolnok
IV. = Tatatóváros—Bánhida

	Versuchsstrecken mit Buchenschwellen				I., II., III., IV. insgesamt				
	I.	II.	III.	IV.					
Angelegt im Jahre	1903	1903	1903	1906					
Zahl der eingebauten Schwellen	1,300	1,262	3,512	1,000	7,074				
Ausgebaut wurde folgende Stückzahl:									
Im 1. Jahre . .	—	—	—	—	—	—	bis zum 1. Jahre .	—	—
Im 2. Jahre . .	—	—	—	—	—	—	bis zum 2. Jahre .	—	—
Im 3. Jahre . .	—	—	—	—	—	—	bis zum 3. Jahre .	—	—
Im 4. Jahre . .	—	—	—	—	—	—	bis zum 4. Jahre .	—	—
Im 5. Jahre . .	—	—	—	—	—	—	bis zum 5. Jahre .	—	—
Im 6. Jahre . .	—	—	1	—	1	—	bis zum 6. Jahre .	1	—
Im 7. Jahre . .	—	—	—	—	—	—	bis zum 7. Jahre .	1	—
Im 8. Jahre . .	—	—	—	—	—	—	bis zum 8. Jahre .	1	—
Im 9. Jahre . .	—	—	—	—	—	—	bis zum 9. Jahre .	1	—
Im 10. Jahre . .	21	—	—	—	21	0,3 %	bis zum 10. Jahre .	1	—
Im 11. Jahre . .	—	—	—	—	—	—	bis zum 11. Jahre .	22	0,3 %
Im 12. Jahre . .	—	—	—	—	—	—	bis zum 12. Jahre .	22	0,3 %
Im 13. Jahre . .	—	—	—	—	—	—	bis zum 13. Jahre .	22	0,3 %
Im 14. Jahre . .	—	—	—	—	—	—	bis zum 14. Jahre .	22	0,3 %
Im 15. Jahre . .	8	—	—	—	8	0,1 %	bis zum 15. Jahre .	22	0,3 %
Im 16. Jahre . .	35	—	—	—	35	0,5 %	bis zum 16. Jahre .	30	0,3 %
Im 17. Jahre . .	72	—	38	7	117	1,7 %	bis zum 17. Jahre .	65	0,4 %
Im 18. Jahre . .	123	—	—	—	123	1,8 %	bis zum 18. Jahre .	182	0,9 %
Im 19. Jahre . .	18	3	2	3	26	0,4 %	bis zum 19. Jahte .	305	2,6 %
Im 20. Jahre . .	35	6	3	—	44	0,6 %	bis zum 20. Jahre .	331	4,4 %
Im 21. Jahre . .	23	42	149	7	227	3,4 %	bis zum 21. Jahre .	375	4,8 %
Im 22. Jahre . .	6	75	79	3	163	2,0 %	bis zum 22. Jahre .	602	8,8 %
Im 23. Jahre . .	321	—	367	—	688	9,2 %	bis zum 23. Jahre .	765	10,8 %
Zusammen . .	668	126	639	20	1453	—	bis zum 24. Jahre .	1453	20 %
	51 %	10 %	19 %	2 %	20 %				
Im 24. Jahre . .	39	192	626	—*)	857	14 %			
Im 25. Jahre . .	—	34	347	—*)	381	6 %	bis zum 25. Jahre .	2290	38 %
Im 24. u. 25. Jahre	39	226	973		1238				
Im 1. bis 23. Jahre	668	126	639	—*)	1433	—	bis zum 26. Jahre .	2671	44 %
Zusammen . .	707	352	1612		2671				
	54 %	28 %	46 %	—*)	44 %				

*) Die Versuchsstrecke Nr. IV wurde erst vor 23 Jahren angelegt.

Diese günstigen Ergebnisse können wir dem Tränkungsmittel und dem Tränkverfahren zuschreiben.

In die Versuchsstrecken eingebaute Buchenschwellen wurden aus den Urbuchenwäldern der im Unger-Komitate Groß-Ungarns liegenden sogenannten Waldkarpaten bezogen.

Die Schwellen wurden ausschließlich im Winterschlage erzeugt, binnen kürzester Zeit aus dem Walde ausgeführt und in der Tränkanstalt im Luftkasten sorgfältig gelagert, wodurch die Hölzer vollkommen vor der Gefahr des Stockens bewahrt blieben.

Entsprechend dem Charakter der Urbuchenwälder wurden die Schwellen oft aus überstarken Klötzen erzeugt, so daß ein Teil derselben Braunkern hatte.

Es ist daher die Annahme berechtigt, daß die auf 3,2% verdünnte Ölmischung genügend antiseptisch ist, um eine Mikrobeninfektion der Schwellen zu verhüten und daß dabei der Ölinhalt gegen die Einwirkungen der Niederschläge die nötige Abwehr bietet.

Die Tränkung wurde nach dem Ottschen Verfahren durchgeführt und zwar mit der von Rütgers angewendeten Änderung. Die Schwellen wurden nämlich nach dem Auskochen anstatt dem kalten Ölbad einem Vakuum und einem Öldruck von 8 Atm ausgesetzt. Das Tränkverfahren erfolgte je nach dem Trockenheitsgrade der Schwellen in einer Dauer von 4 bis 8 Stunden.

Der Trockenheitszustand der Schwellen wurde in der Weise beobachtet, daß die aus der Schwelle verdunstete Nässe in einem Kondensator festgehalten wurde.

Die vorzüglichen Ergebnisse der Haltbarkeit der Schwellen beweisen, daß alle drei Faktoren: Schwellen, Tränkmittel und Tränkverfahren einwandfrei waren und daß die günstigen Ergebnisse durch das Zusammenwirken dieser drei Faktoren erzielt werden konnten.

Angesichts der günstigen Ergebnisse wird bei den k. ung. Staatsbahnen die Verwendung der Mischung von Buchenteeröl und Petroleum in diesem Jahre wieder aufgenommen.

Einige Worte über den Braunkern der Buchenschwellen seien noch angefügt.

In erster Reihe stelle ich als eine durch langjährige Erfahrungen begründete Tatsache fest, daß infolge des Braunkerns eine schädliche Einwirkung auf die Haltbarkeit weder der schon ausgebauten, noch der noch in der Strecke liegenden, noch vollkommen brauchbaren Schwellen in keinem Falle zu beobachten war.

Die Tränkungsmittelaufnahme des Braunkerns war, wie an unmittelbar nach der Tränkung durchgesägten Schwellen festgestellt werden konnte, nur mangelhaft. Einzelne Teile des übrigen Querschnittes waren in kleineren Flecken durchtränkt, wogegen der Braunkern größtenteils rein blieb. Auf der unteren Fläche der Schwelle drang das Öl in eine Tiefe von 2,3 mm in den Braunkern ein; wie sich erwies, genügte aber diese Tiefe, um diesen Teil des Braunkerns zu konservieren.

Von den Seitenflächen des braunkernigen Schwellenteiles, weiter von den in Flecken getränkten Holzfasern des inneren Teiles, sowie von den neben dem Braunkern befindlichen und vollkommen durchtränkten Splintholzteilen hat sich später das Öl auf den Seitenflächen der Braunkernzellen durch Endosmose gegen die ungetränkte Zellen des Braunkerns gezogen, wodurch dessen Schutztränkung, damit auch die Widerstandsfähigkeit mit der Zeit verbessert wurde. Diese Tatsache hat sich an Querschnitten der nach 25jähriger Liegedauer ausgebauten Schwellen erwiesen, bei denen der Braunkern beinahe vollkommen durchtränkt war. Abb. 2.

Außer den Buchenschwellen haben wir versuchsweise 1902 auch einige tausend Eichenschwellen getränkt, von denen 1000 Stück unter ähnlichen Verhältnissen wie die Buchenschwellen in eine Versuchsstrecke eingebaut wurden.

Die 1902 getränkten Schwellen wurden 1903 eingebaut.

Ausgebaut wurden in:

						zusammen
1920	nach 17jährigem	Gebrauch	37	Stück		
1921	„ 18 „	„	102	„	139	14%
1922	„ 19 „	„	17	„	156	16%
1923	„ 20 „	„	11	„	167	17%
1924	„ 21 „	„	449	„	616	62%
1925	„ 22 „	„	169	„	785	79%
1926	„ 23 „	„	87	„	872	87%
1927	„ 24 „	„	104	„	976	97%
1928	„ 25 „	„	—		—	—
1929	„ 26 „	„	4	„	980	98%

Schließlich sei noch bemerkt, daß das beschriebene Verfahren in den damaligen Zeiten sehr wirtschaftlich war, indem das zu Verdünnung verwendete Öl zu besonders niedrigen Preisen erhältlich war.

Der Bau des Personenwagenausbesserungwerkes Dunakeszi und seiner Wohnsiedlung.

Von **Alexander Görög**, Dipl.-Ing., Oberinspektor.

Hierzu Abb. 1 auf Tafel 23.

Schon vor dem Kriege hatten die ung. Staatseisenbahnen wegen der steten Zunahme von vierachsigen Personenwagen die Errichtung eines entsprechend bemessenen und wohl ausgestatteten Ausbesserungswerkes für Personenwagen vor.

Zu diesem Zwecke wurde in der Nähe der Hauptstadt Budapest an der Linie Budapest—Marchegg ein Gelände von 120 ha angekauft.

Wie aus dem Lageplan (Abb. 1, Taf. 23) ersichtlich ist, liegt das Gelände zwischen der Bahnlinie und der Landstraße, wodurch eine gute Zugänglichkeit gesichert ist. Infolge der Lage unweit vom Donauflusse, ist auch die Ableitungsmöglichkeit der Abwässer und Niederschläge günstig.

Das Ausbesserungswerk ist mit der naheliegenden Station Dunakeszi-Alag durch ein besonderes Gleis von 1,5 km Länge verbunden. Die Werkflächenhöhe wurde um 3,0 m tiefer angelegt als die nebenher laufende Eisenbahnstrecke, um den Ausgleich des sandhügeligen Geländes in wirtschaftlicher Weise zu ermöglichen. Günstig für die billige Ausführung der Hochbauten war, daß der anstehende Sand zur Erzeugung von Sandbausteinen besonders geeignet war.

Es wurde deshalb an der Baustelle eine Sandbausteinanlage errichtet mit einer täglichen Leistung von 15000 Stück.

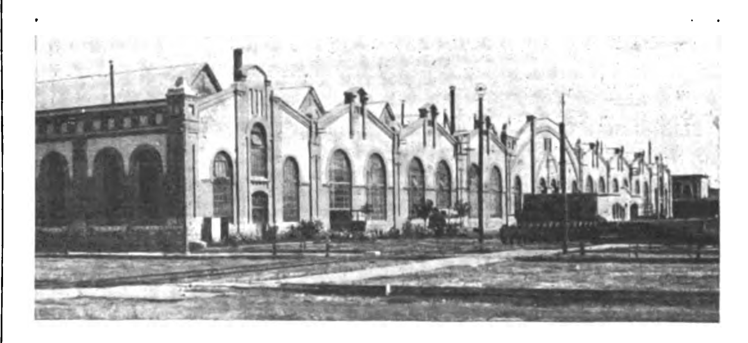


Abb. 1. Montierungshallen (Außenansicht).

Wie aus dem Lageplan ersichtlich, bildet die Montierungswerkstätte den Hauptteil des Werkes; ihre Baufläche beträgt 28000 m². Sie besteht aus einer Reihe von Hallen, in denen zu gleicher Zeit an 60 vierachsigen Wagen gearbeitet werden kann

und die durch eine 22 m lange Schiebebühne bedient werden (Textabb. 1 und 2). Die Bestimmung der übrigen Gebäude ist gleichfalls aus dem Lageplan ersichtlich. Die in der Werkstätte liegenden Gleise sind auf Eisenbetonschwellen verlegt, wodurch ihre feste Lage auf lange Zeit hin gesichert ist.

Für den inneren Verkehr und die Materialbeförderung dienen 2,8 m breite Betonwege, die sämtliche Gebäude, Arbeitsplätze usw. miteinander verbinden.

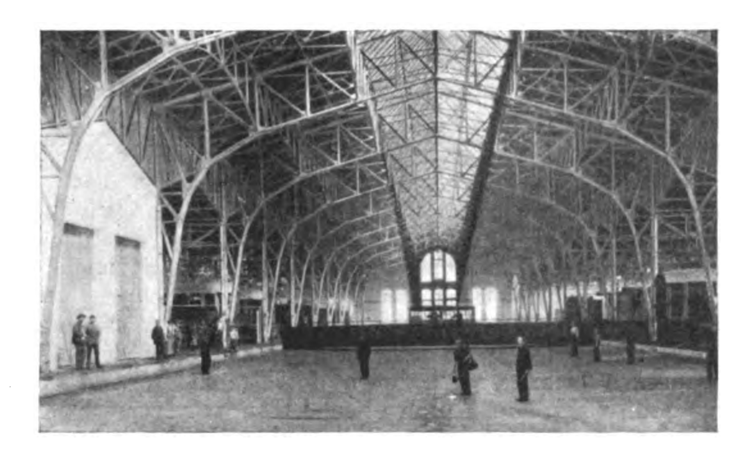


Abb. 2. Montierungshallen (Innenansicht).

Zur Wasserversorgung dienen vier eigene Brunnen, die in eine 12 m tief liegende wasserreiche Schotterschichte getrieben sind. Ihr ergiebiges und gutes Wasser speist einen 30,0 m hohen Wasserturm mit 500 m³ Inhalt.

Das ganze Werk ist kanalisiert. Die Abwässer gelangen nach einer biologischen Reinigung in den Donaustrom.

Der Bau des Ausbesserungswerkes begann im Jahre 1914, wurde durch den Krieg unterbrochen, erst im Jahre 1922 weitergeführt und im Jahre 1925 beendet.

Für die ungefähr 1000 Angestellten und Arbeiter des Werkes ist anstoßend eine Wohnsiedelung angelegt worden (siehe Plan). Sie besteht hauptsächlich aus Familienwohnungen mit je zwei Zimmern und Nebenräumen. Werkmeister und Ingenieure erhalten entsprechend größere Wohnungen (Textabb. 3).

In den Zweizimmerwohnungen sind die Zimmer mit 22 m² und 16 m² bemessen. Die Wohnungen sind mit Wasserleitung, Spülung und elektrischer Beleuchtung versehen. Zu jeder Wohnung gehört ein kleiner eingefriedeter Hof mit Hühnersteige und Schweinestall sowie ein Gemüsegarten.



Abb. 3. Arbeiter- und Beamtensiedlung.

Für ledige Arbeiter ist ein Ledigenheim mit 50 Zimmern erbaut worden. Für ein eingerichtetes Zimmer mit Beleuchtung und Beheizung müssen monatlich 24,— Pengö Miete entrichtet werden.

Zur Siedlung gehört auch ein Kulturhaus mit einer Bühne im Kinosaal, außerdem ein Badehaus und eine Volksschule.

Bisher sind 160 Arbeiterwohnungen fertiggestellt. Die Baukosten eines Kubikmeters umbauten Raumes betrugen rund 30,— Pengö.

Die Prüfung des ungarischen Bauxitzementes.

Von Dipl.-Ing. **Eugen Kiss**, Inspektor der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Die bekannten Vorteile der Aluminiumzemente, die zu den besten frühhochfesten Zementen gehören, veranlaßten die k. ung. Staatseisenbahnen die Frage einem Studium zu unterziehen, inwieweit diese Zemente bei Eisenbahnbauten praktische Vorteile bieten.

In Ungarn wird der Bauxitzement unter dem Namen Citadur von der Tataer Zementfabrik erzeugt; er wurde im Herbst 1928 auf den Markt gebracht. Der Citadur Bauxitzement ist ein langsambindender Aluminiumzement, der hohe Anfangsfestigkeiten besitzt. Seine Festigkeit erreicht oder übertrifft sogar schon nach zwei bis drei Tagen die des Portlandzementes nach 28 Tagen. Auch in den höheren Altersklassen übertreffen — wenngleich in geringerem Maße — die Endfestigkeiten des Citadur-Bauxitzementes die des Portlandzementes. Die Widerstandsfähigkeit des Bauxitzementmörtels gegen chemische Einflüsse ist größer als die des Portlandzementmörtels.

In folgendem wollen wir über die Ergebnisse der im Laboratorium der k. ung. Staatseisenbahnen durchgeführten Prüfungen des Citadur-Bauxitzementes Bericht erstatten.

Die Untersuchungen erstreckten sich auf die chemische Zusammensetzung, ferner auf die physikalischen, mechanischen und Festigkeitseigenschaften. Die Festigkeitseigenschaften wurden an Normalprobekörpern (Würfel von 50 cm² und achtförmiger Körper mit einem Zerreißquerschnitt von 5 cm²) bestimmt.

Die charakteristische Eigenschaften des Citadurs sind die folgenden:

1. Die Farbe des Citadurs ist bräunlich.
2. Chemische Zusammensetzung.

Die einzelnen Bestandteile des Citadurs schwanken um die folgenden Prozentzahlen:

Bestandteil	%
Unlösliches	2,00%
Glühverlust	0,30%
SiO_2	4,32%
Al_2O_3	42,25%
Fe_2O_3	14,11%
CaO	36,82%
MgO	0,11%
SO_3	0,54%
	100,55%

3. Das spezifische Gewicht bewegt sich innerhalb 3 bis 3,12 t/m³.

4. Raumgewicht lose eingefüllt 1030 bis 1080 g/l.

5. Mahlfeinheit: Rückstand am Sieb mit 900 Maschen/cm² schwankt um 0,1%. Rückstand am Sieb mit 4900 Maschen/cm² schwankt um 3%.

6. Raumbeständigkeit: Der Citadur besteht die Kuchen- und Kochprobe.

7. Abbindeverhältnisse: Zur Herstellung der Normalkonsistenz beansprucht der Citadur 26% Wasserzusatz in Gewichtsprozenten. Die Erhärtung beginnt nach 4 h 20 Min. bis 5 h 50 Min. an der Luft, und 5 h bis 5 h 45 Min. unter Wasser. Der Citadur ist langsam bindend. Das Ende des

Abbindens tritt nach 6 h 30 Min. bis 6 h 50 Min. an der Luft ein, und nach 6 h 10 Min. bis 6 h 35 Min. unter Wasser.

8. Gegen Verunreinigungen (Beimengungen von Kalk oder Portlandzement) ist der Citadur wie alle Aluminiumzemente sehr empfindlich. Wenn man mit dem Citadur einige

10. Auch gegen die hygroskopischen Einflüsse ist der Citadur weniger empfindlich als der Portlandzement. Mit der nötigen Sorgfalt kann man ohne Rückgang an Bindekraft und Festigkeitsentfaltung den Citadur auf längere Zeit lagern lassen.

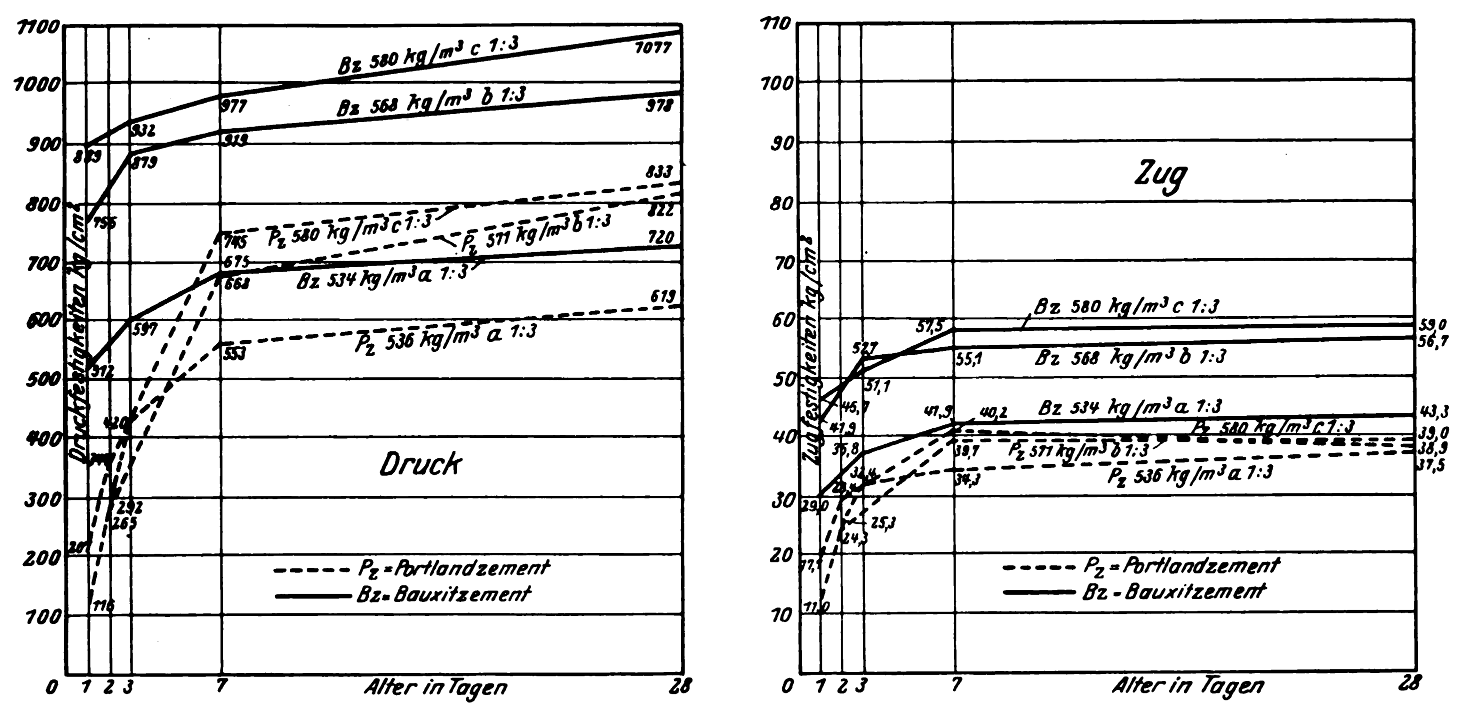


Abb. 1. Mittelwerte der Druck- und Zugfestigkeiten an Normalprobekörpern nach 1, 2, 3, 7, 28 Tagen. Portlandzement Record, Bauxitzement Citadur, Sand a, b, c, Mörtel 1 : 3 Wasserlagerung.

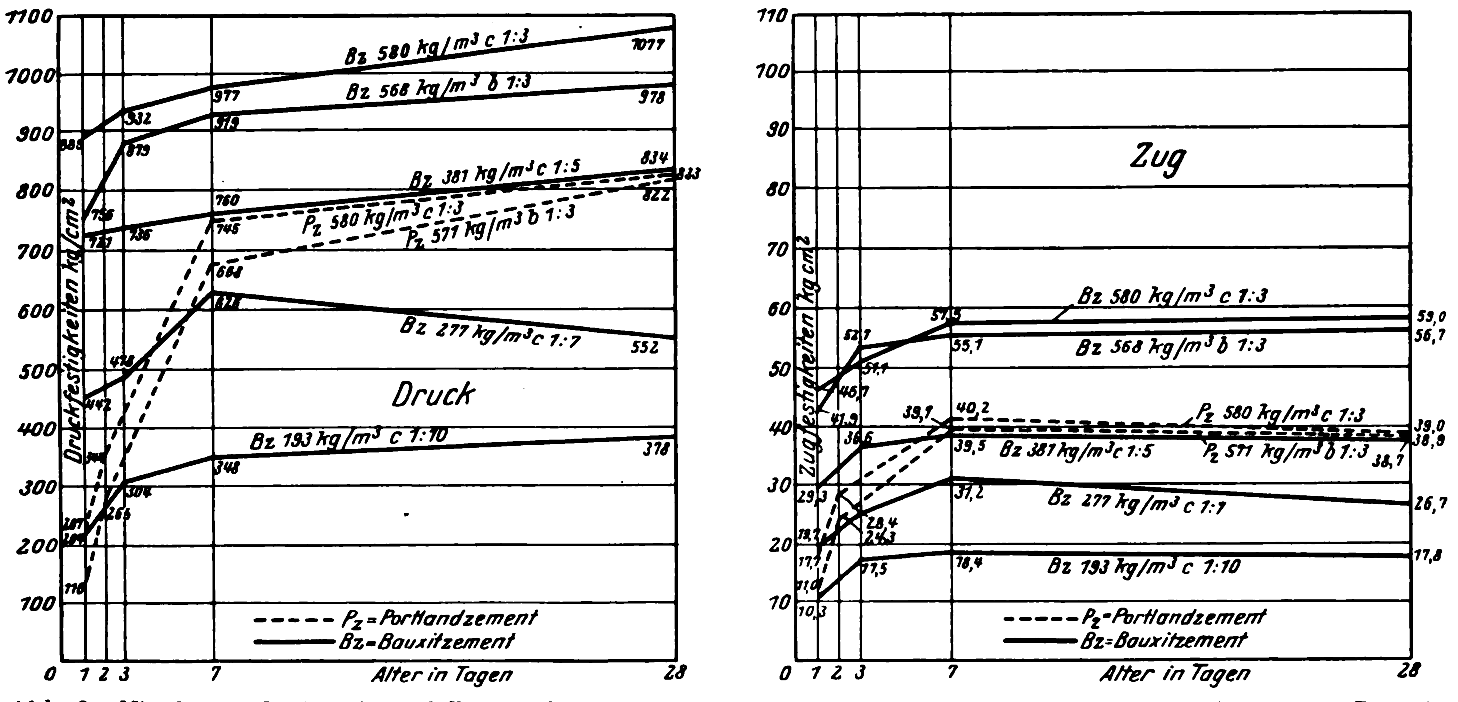


Abb. 2. Mittelwerte der Druck- und Zugfestigkeiten an Normalkörpern nach 1, 2, 3, 7, 28 Tagen. Portlandzement Record, Bauxitzement Citadur, Sand b, c, Mörtel 1 : 3, 1 : 5, 1 : 7, 1 : 10 Wasserlagerung.

Prozente Kalk, oder Portlandzement; oder umgekehrt mit dem Portlandzemente Citadur zusammenmischt, wird das Gemisch schnellbindend.

9. Die Widerstandsfähigkeit des Citadurs gegen chemische Einflüsse insbesondere gegen Sulfat- und Chloridlösungen, ferner gegenüber organischen Säuren ist wesentlich größer, als die des Portlandzementes.

11. Über das Dehnungs- und Schwindungsmaß, ferner über die Elastizitätseigenschaften des Citadurmörtels sind die Versuche im Gange.

12. Festigkeitsverhältnisse: Zum Vergleich der Festigkeitsverhältnisse wurden Normalprobekörper mit dem hochwertigen Lábatlaner Portlandzement Marke Record und mit Citadur-Bauxitzement hergestellt. Aus Mangel an Raum

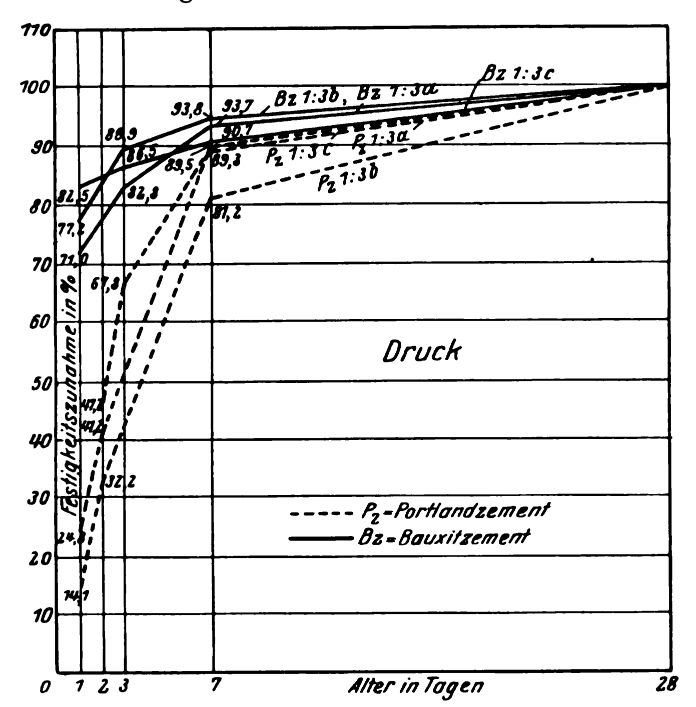
veröffentlichen wir nur einen Teil der Vergleichsprüfungen. Die nachfolgende Tabelle gibt die Zusammenstellung der geprüften Normalprobekörper. In der Tabelle wurde mit „a“ der Wiener Normalsand, mit „b“ Donausand von 5 mm maximaler Korngrösse in der natürlichen Kornzusammensetzung, mit „c“ Donausand mit künstlich verbesserter Kornzusammensetzung bezeichnet. Die Probekörper wurden aus erdfeucht eingerammtem Mörtel hergestellt und unter Wasser gelagert.

Tabelle 1.

Zement Marke	Sandart	Mischungs-verhältnis in Gewichts-teilen	Wasser-zusatz in Gewichts-prozenten	Raumge-wicht des Mörtels nach 28 Stunden (t/m³)	Zement	Sand	Wasser
					Gewicht auf 1/m³ Mörtel (kg/m³)		
Record-	a	1:3	6,500	2,285	536	1610	139
Portland-	b	1:3	6,625	2,434	571	1712	151
Zement	c	1:3	5,750	2,451	580	1738	133
Citadur-	a	1:3	6,500	2,275	534	1602	139
Bauxit-	b	1:3	6,625	2,422	568	1704	150
Zement	c	1:3	6,375	2,468	580	1740	148
	,,	1:5	5,555	2,414	381	1906	127
	,,	1:7	5,387	2,338	277	1941	120
	,,	1:10	5,450	2,248	193	1934	116

Die Ergebnisse der Festigkeitsprüfungen sind auf Abb. 1 und 2 dargestellt. Wie aus Abb. 1 hervorgeht, stehen besonders die Anfangsfestigkeiten wie auch die Endfestigkeiten des Citadurs wesentlich höher, als die des Portlandzementes. In Mischungsverhältnissen 1:3 betragen die Festigkeiten des Citadurmörtels nach 24 Stunden das mehrfache, nach sieben Tagen bei Anwendung von a, b, c, Sand sind die Druckfestigkeiten um 22, 37, 31%, nach 28 Tagen um 16, 19, 29% höher als die des Portlandzementmörtels. Für Zugfestigkeiten betragen die entsprechenden Werte 17, 38, 43; ferner 15, 45, 51.

In Abb. 2 wurden die Festigkeitswerte von Mörteln von verschiedenen Mischungsverhältnissen dargestellt. Die Mörtel aus Portlandzement und c-Sand im Mischungsverhältnis 1:3, und aus Citadur und c-Sand im Mischungsverhältnis 1:5 geben im großen und ganzen gleichwertige Festigkeiten: demgemäß ist der Zementaufwand bei Citadurmörtel in diesem Verhältnis geringer.



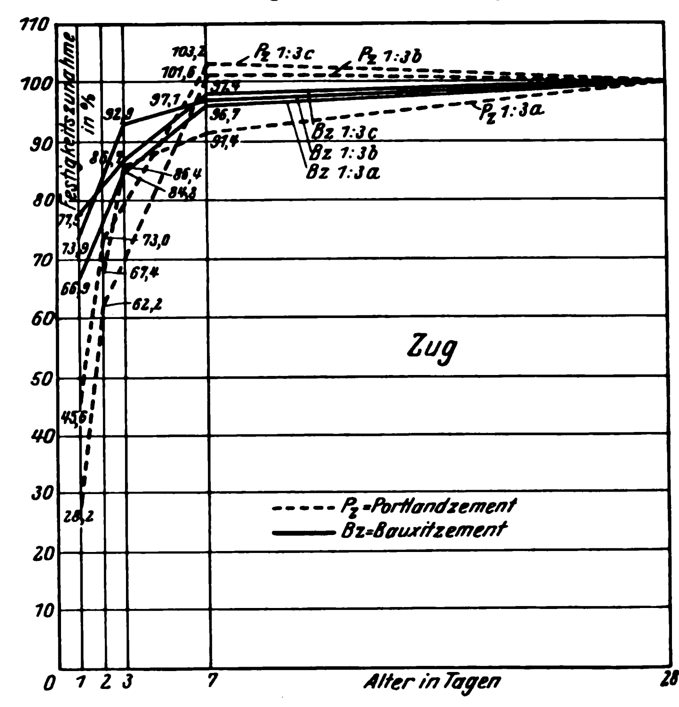


Abb. 3. Druck- und Zugfestigkeitszunahme an Normalprobekörpern, ausgedrückt in Prozenten der 28tägigen Festigkeiten. Portlandzement Record, Bauxitzement Citadur, Sand a, b, c, Mörtel 1 : 3, erdfeucht eingerammt, Wasserlagerung.

In Abb. 3 wurde die Druck- und Zugfestigkeitzunahme in Prozenten der 28tägigen Festigkeiten ausgedrückt. Der Citadur erreicht schon nach 24 Stunden ungefähr 70% der 28tägigen Festigkeiten, nach drei Tagen 82 bis 92%. Wünschenswert ist aber doch, die Bauten aus Citadurbeton nicht vor drei Tagen in Gebrauch zu nehmen.

Der Citadur-Bauxitzement ist ungefähr um 50% teurer als der Portlandzement. Wegen seines höheren Preises wird der Citadur nur für besondere Bauzwecke, die einen Beton von erster Güte beanspruchen, verwendet, so z. B. zur Herstellung von Eisenbetonquerschwellen, Auflagersteinen usw. Der Citadur wird ferner bei Umbauten von Brücken, zur raschen Herstellung von durch Elementarereignisse beschädigten Bauten, überhaupt dort gebraucht, wo durch die Verkürzung der Bauzeit, durch Ersparnis an Schalung und Rüstung solche wirtschaftliche Vorteile entstehen, daß dadurch die Mehrkosten des Citadurs mindestens ausgeglichen werden. Vom Citadurbeton wird noch bei jenen Bauwerken Gebrauch gemacht, bei denen ein gegen chemische Einflüsse (Rauchgase und Grundwasser) widerstandsfähiger Beton erforderlich ist.

Die höheren Festigkeiten des Citadurs werden höhere Inanspruchnahmen in Beton- und Eisenbetonkonstruktionen und damit kleinere Abmessungen ermöglichen; dabei erreichen wir infolge der höheren Zugfestigkeit und der größeren Deformationsfähigkeit größere Sicherheit gegen Rissebildung.

Eigenspannungen in länger befahrenen Schienen.

Von Ing. Inspektor **Johann v. Pesky** und Obering. **Theodor Wagner.**

Die wirtschaftlichen Auswirkungen des Krieges haben die ungarischen Staatseisenbahnen genötigt, ihren Haushalt aufs äußerste einzuschränken. Notgedrungen mußte man davon absehen, für das Auswechseln von Gleisen den früher üblichen Jahresanteil von 4% beizubehalten. Die Folge war, daß sich besonders in den Nebenlinien 35- bis 40jährige Schienen anhäuften: ein stetes Hemmnis für den Betrieb, da auf diesen Strecken weder in der Verkehrsgeschwindigkeit, noch in den Achsdrücken eine Erhöhung zugelassen werden konnte.

Besonders ein Merkmal gebot in der äußersten Ausnutzung der Schienen Vorsicht, das sind die Eigenspannungen, die entlang der Lauffläche des Schienenkopfes entstehen und mitunter zu beträchtlichen Höhen ansteigen. Allgemein ist diese Erscheinung als Verfestigung des Stahles bekannt und wird durch das Kaltrecken, d. h. durch die Walzwirkung der rollenden Räder erklärt.

Vor dem Internationalen Kongreß Düsseldorf 1910 veröffentlichte P. Breuil, Couillet, über die Verfestigung der Schienenoberfläche bemerkenswerte Angaben (s. „Stahl und Eisen" 1910, Seite 1596). Um zu sehen, wie tief die Verfestigung, die Härtewirkung reicht, ließ er von dem Kopfe einer Schiene acht Schichten von 1 mm Stärke nach und nach abhobeln, so daß eine treppenförmig abgestufte Fläche entstand; auf jeder Stufe stellte er Druckproben mit einer Kugel von 10 mm Durchmesser unter einem Druck von 3000 kg an. Die in dieser Weise gefundenen Härtezahlen schwanken zwischen 302 (an der Lauffläche) und 207 (in 8 mm Tiefe).

Höchst beachtenswert ist seine Beobachtung, daß diese gehärtete Schicht sich gegen Zugbeanspruchungen sehr empfindlich erwies. Bei Schlagproben, wo die Fahrfläche der Schiene nach unten zu liegen kam, brachen die Schienen gleich beim ersten Schlag, ohne die geringste Durchbiegung zu zeigen.

Untersuchungen des Oberbaurats Spindel, Innsbruck, gewährten uns noch tieferen Einblick in das verwickelte Kräftespiel, das infolge der Oberflächenwalzung der Räder und der durch die Kohäsion der unteren Schichten gehemmten Molekularverschiebungen entsteht. Dieses Hemmnis ruft im Stahl Innenspannungen vor, deren Größe man durch ein einfaches Verfahren ermitteln kann. Der Vorgang ist hierbei der, daß man an der Lauffläche des zu untersuchenden Schienenstückes eine gewisse Meßlänge (l), in der Regel $\sim$ 200 mm, markiert und bis auf 0,01 mm Genauigkeit abliest. Das erwähnte Schienenstück soll 220 bis 250 mm lang sein. Nun läßt man vom Probestück eine 6 bis 8 mm starke Lamelle abtrennen, deren untere Begrenzung parallel mit der Fußfläche der Schiene sein soll. Um Vergleichswerte erhalten zu können, soll die Lamellendicke bei den Untersuchungen möglichst gleich stark, 7 bis 8 mm, sein. Nach dem Abtrennen ist zwischen den Marken eine Verlängerung Δ l feststellbar. Der Einfachheit halber wird bei der Berechnung der aufgelösten, die Verlängerung der Lamelle verursachenden Innenspannungen (σ) der Elastizitätsmodul (ε) durchwegs zu 20000 kg/mm² angenommen, die ursprüngliche Meßlänge zu 200 mm. Da aber unterhalb der Streckgrenze zwischen den genannten Faktoren folgende Proportionalität besteht

$$\Delta \, l : 200 = \sigma : \varepsilon,$$

läßt sich σ zu $100 \times \Delta \, l$ kg/mm² errechnen.

Wir nennen diese Spannungen Eigenspannungen, da sie der Schiene bleibend anhaften und sich dadurch von den wechselnden Betriebsbeanspruchungen unterscheiden.

In der Zusammenstellung auf S. 380 sind die Ergebnisse der Untersuchungen angeführt, die wir zur Bestimmung der Eigenspannungen in den letztvergangenen drei Jahren anstellten. Außer diesen hier angeführten ließen wir aus länger befahrenen Schienen auch Doppelproben entnehmen. Die Hälfte dieser Proben wurde nach obiger Beschreibung behandelt und ergab Eigenspannungen von 12 bis 16 kg/mm², die übrigen wurden bei 750 bis 800° ausgeglüht, langsam abgekühlt und erst in diesem Zustande den Messungen unterworfen. Bei diesen wurde σ durch das Glühen auf 3 bis 5 kg/mm² herabgedrückt.

Ferner ließen wir auch Kontrollmessungen an unbefahrenen, neu vom Walzwerk gelieferten Schienen machen, wobei sich herausstellte, daß bei diesen σ praktisch $= 0$ ist.

Es sei noch erwähnt, daß die Probestücke 1 bis 11 der Zusammenstellung aus solchen Schienen entnommen wurden, die in geraden Streckenteilen eingebaut waren und deren Verhalten (bis auf die Nummern 10 und 11) keinen Anlaß zu Befürchtungen bezüglich Betriebssicherheit gab.

Auf der Strecke Pusztatenyö—Kunszentmárton, aus der die Nummern 10 und 11 entstammen, waren allerdings Schienenbrüche früher häufiger feststellbar. Die Erklärung dieser Brüche glauben wir teils in der geringen Tragfähigkeit der Schienen von 20 kg/m Gewicht, teils in Umständen zu finden, die wir uns aus den Wahrnehmungen Breuils wie folgt vorstellen. Die verfestigte Schichte der Lauffläche weist nach Feststellungen Breuils nicht mehr die Merkmale eines isotropen Materials auf, das sowohl gegen Zug, wie gegen Druck gleich widerstandsfähig sein müßte. Es kann demnach z. B. angenommen werden, daß beim Lockerwerden einer Schwelle, wodurch der Abstand der Stützpunkte der Schiene an dieser Stelle auf das Doppelte ansteigt, in der Nähe der stützenden Schwellen, auch im Schienenkopf, bedeutend größere Zugspannungen auftreten, als gewöhnlich. Die verfestigte Schichte der Schiene nimmt aber Zugspannungen nicht auf, die Kraftübertragung fällt demnach einem schätzungsweise um 10 bis 20% geschmälerten Querschnitt zu, der — solcherweise überlastet — nicht standhalten kann und bricht.

Ähnlich erklären wir auch die auffällige Tatsache, daß man auf solchen Strecken die Bruchgefahr durch Vermehrung der Schwellen nicht beheben kann.

Noch schärfer tritt die Gefahr, die aus der geringeren Zugfestigkeit der verfestigten Schicht des Schienenkopfes folgt, an Schienen in Gleisbögen, hervor. Im Bogen kommt nämlich der Anpressungsdruck der äußeren Räder erhöht zur Geltung, da der Zentrifugalkraft zufolge die Lasten sich zwischen den Rädern ein und derselben Achse nicht gleichmäßig verteilen. Was bei größeren Geschwindigkeiten für die Außenschiene gilt, ist bei langsam fahrenden Zügen infolge Herabgleitens der Last auf die niedriger verlegte Schiene im Innenstrang für die Innenschiene zutreffend. Man muß zu der Erkenntnis kommen, daß derartiges Wachsen des Anpressungsdruckes auch die Bruchgefahr unliebsam erhöhen muß. Denn es ist anzunehmen, daß die Eigenspannungen, die infolge der Walzwirkung der rollenden Räder entlang der Fahrfläche der Schienen entstehen, bei größeren Anpressungsdrücken auch rascher anwachsen. Diese Annahme finden wir bestätigt in der Zusammenstellung bei den Nummern 13 und 14: beide im Betrieb gebrochene Schienen mit Eigenspannungen über 20 kg/mm² und beide Bogenschienen!

Nun wolle man berücksichtigen, daß die Seitenkräfte den Kopf der im Bogen verlegten Schiene um den Schienensteg umzubiegen trachten, wie dies in Abb. 1 verzerrt dargestellt ist.

Zwischen den Stoßschwellen wirkt diesen Biegungsmomenten die Lasche hindernd entgegen, so daß der Schienenkopf seine normale Lage hier beibehält (s. Abb. 2). Es entsteht demnach vom Stoß in der Fahrrichtung gerechnet etwa in der Nähe der zweiten, fallweise auch schon bei der ersten Schwelle

Zusammenstellung der Eigenspannungen entlang der Lauffläche in länger befahrenen Schienen.

Laufende Nummer	Schienengattung Gewicht (kg/m)	Werkzeichen und Erzeugungsjahr	Ort der Verlegung	Betriebszeit in Jahren	Ermittelte Eigenspannung im Kopfe kg/mm²	Zugversuch: Festigkeit kg/mm²	Zugversuch: Kontraktion %	Zugversuch: Dehnung %	Anderweitige Versuchsergebnisse und Anmerkungen: C %	Mn %	Si %	S %	P %	Anmerkungen	Dicke der Lamelle an der die Eigenspannung ermittelt wurde in mm
1	J (42,8)	Diósgyör 1898 Bessemerstahl	Vor der Bahnhofshalle Budapest Ostbahnhof	28	15	—	—	—	Verkehrsbelastung der Schiene: ~ 1140 t/Tag Durchschnittsgeschwindigkeit der übergerollten Bruttolast: 10 km/Stunde						
2	b_I (32,5)	Diósgyör 1893 B. St.	Linie Pécs-Barcs	32	13	—	—	—	Verkehrsbelastung: ~ 3000 t/Tag Geschwindigkeit: 50 km/Stunde						
3	n (20,—)	Resicza 1896 B. St.	Linie Debrecen-Büdszentmihály	29	16	—	—	—	Verkehrsbelastung: ~ 1070 t/Tag Geschwindigkeit: 30 km/Stunde						
4	J (42,8)	Diósgyör 1894 B. St.	Budapest Ostbahnhof-Budapest Ferencváros	34	12	68,7	—	—	Im Verlaufe der statischen Belastungsversuche wurden an den Probestücken keine nennenswerten Unregelmäßigkeiten wahrgenommen, bei den Schlagversuchen aber brachen die Probestücke der laufenden Nummern 6 und 9 schon unter dem mit einem Moment von 2150 bezw. 1950 mkg geführten ersten Schlag						9,3
5				34	12	65,5	—	—							8,8
6	c (34,5)	Resicsa 1881 B. St.	Linie Vác-Balassagyarmat	47	16	50,4	—	—							10,3
7	e (34,5)			47	19	50,4	—	—							9,6
8	p (31,7)	Resicza 1888 B. St.	Linie Kiskörös-Kalocsa	40	12	52,—	—	—							7,8
9	p (31,7)	S. Graz 1882	Linie Kiskörös-Kalocsa	46	17	—	—	—							8,8
10	n (20,—)	Zeltweg 1884	Linie Pusztatenyö-Kunszentmárton	44	12	54,1	32,8	25,—	0,27	0,33	0,04	0,01	0,17	Die Schlagprobe bestanden	7,5
11	n (20,—)	P R Z V 1884		44	17	50,9	47,4	23,—	0,21	0,33	0,05	0,01	0,17	Nach dem ersten Schlag (1250 mkg) gebrochen	7,5
12	i (23,6)	Resicza 1886	Linie Kisterenye-Kálkápolna	41	15,6	51,4	60,5	20,—	0,29	—	—	—	—	Die Schiene lag im Innenstrang eines Bogens	
13	l (22,3)	Diósgyör 1887	Linie Nyiregyháza-Mátészalka	40	26,1	31,9	—	1,3	0,33	0,51	0,04	0,01	0,12	Die Schiene lag im äusseren Strang eines Bogens, brach am 25. Nov. 1927 unter einem Personenzug	
14	J (42,8)	Diósgyör	Zwischen den Stationen Hatvan und Hort	14	22,3	72,2	3,6	13,2	0,36	0,57	0,04	0,01	0,16	Siehe Anmerkung	

Anmerkung: Die Schiene lag in gerader Strecke, muß aber als Bogenschiene betrachtet werden, da in der Strecke, die gegen Osten führt und senkrecht zur allgemeinen Windrichtung liegt, der Wind die Züge gegen den südlichen Schienenstrang drückt und hier an den Schienenköpfen eine markante, sonst nur bei Bogenschienen wahrnehmbare Verschleißgestaltung verursacht.

als Folgewirkung der Seitenkräfte beim Durchfahren der Züge an der Innenseite des Schienenkopfes eine Verdrehungsfläche

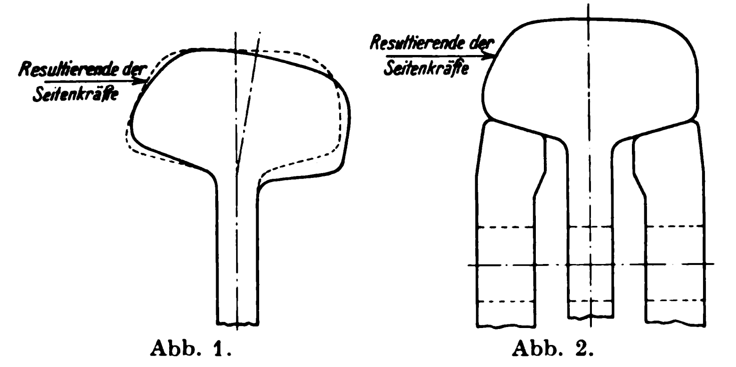


Abb. 1. Abb. 2.

und zwar dort, wo der Übergang aus der normalen Lage des Schienenkopfes (Abb. 2) in die geneigte (Abb. 1) stattfindet. Es ist klar, daß die Randfasern des Schienenkopfes an dieser Stelle Zugbeanspruchungen ausgesetzt sind. Wie aus der Zusammenstellung zu entnehmen ist, sind die Eigenspannungen in Bogenschienen derart groß, daß man auch die Tiefe der spröden Randschicht bei Bogenschienen bedeutend größer annehmen muß, als die in geraden Strecken. Den erhöhten Angriffskräften wirkt in Bögen demnach eine im hohen Grade geschwächte aktive Schienenquerschnittsfläche entgegen. Es ist folglich nicht zu verwundern, daß Brüche an Schienen alter Jahrgänge in Bögen häufiger sind, als in Geraden und da auch zumeist in der Nähe des Stoßes vorkommen.

Aus den letztangeführten Überlegungen heraus ist bei den ungarischen Staatseisenbahnen der Entschluß gefaßt worden, die Erneuerung der Gleisbestände jener Linien, wo die Geldmittel die Arbeit nur auf mehrere Jahre verteilt durchzuführen gestatten, in erster Reihe auf die kurvenreichen Streckenteile zu beschränken.

Die Druckverteilung in kohäsionslosen Massen.

Von **Josef Nemcsek**, Dipl.-Ing., Budapest.

Inhalt: Es wird die Druckverteilung in körnigen Massen bei klinogonaler Krafteinwirkung unter Vernachlässigung des Eigengewichtes bestimmt, wobei sich die Hauptformel als die Verallgemeinerung der auf anderem Wege abgeleiteten Boussinesqueschen Formel für orthogonale Krafteinwirkung erweist. Die Querschwelle überträgt auf die Bettung wegen auftretender Reibungskräften schiefe, verschiedentlich geneigte linienförmige Kräfte, deren Einwirkungen nach erwähntem Verfahren bestimmt und integriert werden. An Hand amerikanischer Versuche wird das Verfahren geprüft. Die wagrechte Druckverteilung ist im Aufsatz nicht behandelt.

Die Druckverteilung unter der Schwelle ist ungünstiger als man bisher allgemein annahm, wie hauptsächlich amerikanische Versuche beweisen. Aus diesem Anlaß wird versucht, die Druckverteilung auf rechnerischem Wege so zu verfolgen, daß der Wahrheit näher stehende Werte gewonnen werden können als es bisher möglich war. Im Falle des Oberbaues wird das angegebene Rechnungsverfahren um so zuverlässiger sein je tiefer die Bettung ist.

Untersuchen wir die Wirkung einer unendlich langen linienförmig verteilten Kraft auf eine homogene Masse in der Tiefe h unter der Oberfläche, wenn die Kraftebene mit der Senkrechten den Winkel ε bildet.

Es ist einleuchtend, daß in diesem Falle in allen parallelen Ebenen, die zur Schnittlinie L der Kraftebene und Oberfläche senkrecht stehen, die gleichen Wirkungen vorzufinden sind.

Um die Lösung anzubahnen, machen wir zwei grundlegende Annahmen, auf deren Berechtigung und Bedeutung wir noch zurückkommen.

a) Die Kraftübertragung auf der Oberfläche in der zu L senkrechten Ebene erfolgt unter einem Lastverteilungswinkel 2ψ. Es kann für diesen Winkel $2(90-\varphi)$ angenommen werden, wo φ der Winkel der inneren Reibung, oder auch der natürlichen Böschung ist. Eine Änderung des Winkels ψ um 10 bis 20% hat, wie nachgewiesen wird, nicht allzu große Bedeutung.

b) Die homogene, körnige Masse gehorche, was Druckübertragung anlangt, dem alten Satze: „ut tensio, sic vis". Es ist das eigentlich das in der Oberbaulehre grundlegende Gesetz der Bettungsziffer.

Teilt man den Winkel 2ψ (Abb. 1) in 2 n Winkel, je von der Größe 2δ, und bezeichnet man die Kraft, die in jenem Keil von der Breite 1 wirkt, dessen Winkelhalbierende die Neigung $\operatorname{tg}(\psi_x-\varepsilon)=\frac{x}{h}$ besitzt, mit $\bar{p}_x$, ferner mit σ_x' die lotrechte durchschnittliche Spannung in dem bezeichneten Keil in der Tiefe h, so ist mit den übrigen Bezeichnungen der Abb. 2. $\sigma_x'=\frac{\bar{p}_x\cos(\psi_x-\varepsilon)}{s_x}$. Es ist aber $s_x'=\frac{s_0}{\cos(\psi_x-\varepsilon)}$ und $s'_x=s_x\cos\alpha$, somit $s_x=\frac{s_0}{\cos^2\alpha}$ und mit $\sigma_0=\frac{p_0}{s_0}$, $\sigma_x'=$ $=\sigma_0\frac{\bar{p}_x}{p_0}\cos^3(\psi_x-\varepsilon)$.

Weiter ist infolge oben angeführter Annahmen $\frac{\bar{p}_x}{p_0}=$ $=\frac{\cos(\psi_x-\varepsilon)\cos\psi_x}{\cos\varepsilon}$. Setzt sich nämlich der kürzeste Keil

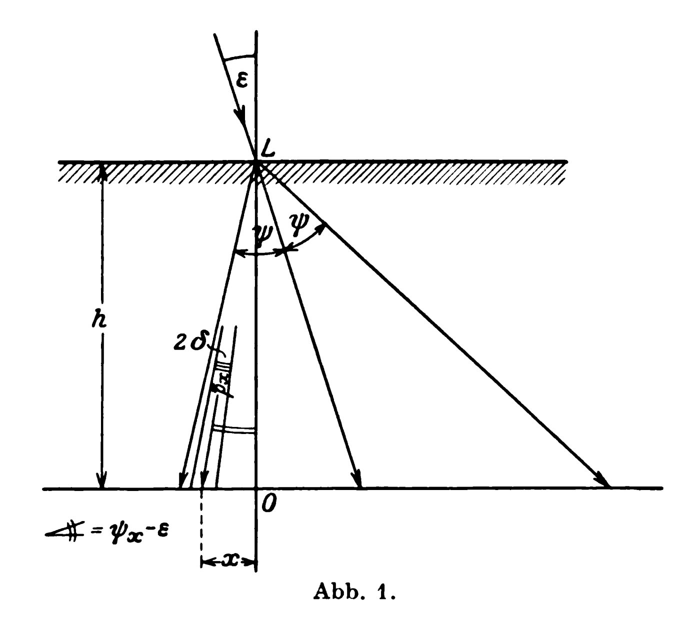


Abb. 1.

durch die Krafteinwirkung um λ_0 (Abb. 3), so erleidet der Keil $2(\psi_x-\varepsilon)$ bloß die Verkürzung λ_x', d. h. die auf die Richtung $\overline{OA}$ fallende Komponente der Verschiebung $\overline{AA'}$. Es ist $\lambda_x'=\frac{\lambda_0\cos\psi_x}{\cos\varepsilon}$, und da $\bar{p}_x$ auf einen längeren Elementarkeil wirkt als p_x, so ist auch infolge der erwähnten Annahme des Hookeschen Gesetzes $\frac{\bar{p}_x}{p_0}=\frac{\lambda_x'}{\lambda_0}\frac{h}{h'}=$ $=\frac{\cos(\psi_x-\varepsilon)\cos\psi_x}{\cos\varepsilon}$.

Wir haben somit für alle Keile, wenn $(\psi_x - \varepsilon) > o$ ist (Abb. 3)

$$\sigma'_x = \frac{\sigma_0 \cos^4 (\psi_x - \varepsilon) \cos \psi_x}{\cos \varepsilon} \quad \ldots\ldots\ 1)$$

Ist $\varepsilon = o$, so ist $\sigma_x' = \sigma_0 \cos^5 \psi_x$ . . . . 1a)

Für die Keile zwischen der Senkrechten und der Kraftrichtung (Abb. 4) besteht nach obigem Gedankengang $\sigma_x'' = \sigma_0 \frac{\overline{p}_x}{\overline{p}_0} \cos^3 (\varepsilon - \psi_x)$ und nach (Abb. 5) $\frac{\overline{p}_x}{\overline{p}_0} = \frac{\lambda_x'' h}{\lambda_0 h'} = \frac{\cos (\varepsilon - \psi_x) \cos' \psi_x}{\cos \varepsilon}$ und somit

$$\sigma_x'' = \sigma_0 \frac{\cos^4 (\varepsilon - \psi_x) \cos \psi_x}{\cos \varepsilon} \quad \ldots\ldots\ 2)$$

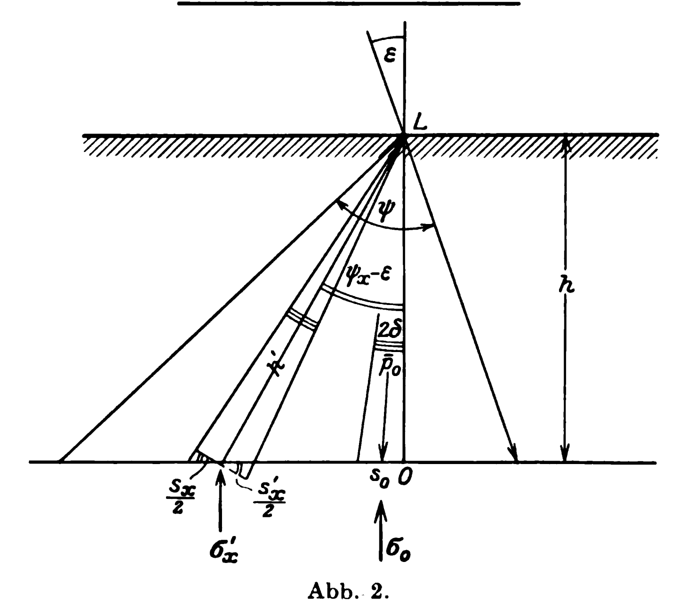


Abb. 2.

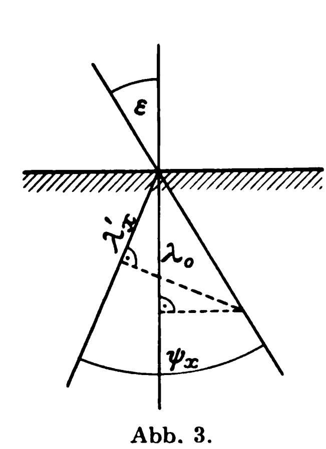


Abb. 3.

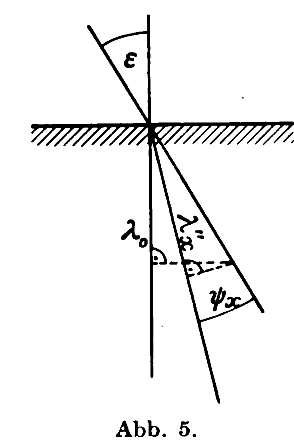


Abb. 5.

Für die Elementarkeile „rechts" der Kraft (Abb. 6) finden wir mit Hilfe der Abb. 7

$$\sigma_x''' = \sigma_0 \frac{\cos^4 (\psi_x + \varepsilon) \cos \psi_x}{\cos \varepsilon} \quad \ldots\ldots\ 3)$$

Wirkt die Kraft bei $\varepsilon = o$ senkrecht auf die homogene Masse, so hat man für alle Keile

$$\sigma_x = \sigma_0 \cos^5 \psi_x \quad \ldots\ldots\ 4)$$

Die durch die linienförmige Kraft p kg/cm hervorgerufene Spannung σ_0 in der Tiefe h kann nunmehr ermittelt werden.

Es besteht für einen 1 cm breiten Streifen der Masse in der Tiefe h folgende Gleichgewichtsbedingung:

$$p \cos \varepsilon = \int_{o}^{h\,tg(\psi-\varepsilon)} \sigma_x' \, dx + \int_{o}^{h\,tg\,\varepsilon} \sigma_x'' \, dx + \int_{h\,tg\,\varepsilon}^{h\,tg(\psi-\varepsilon)} \sigma_x''' \, dx$$

Da $\cos \psi_x = \frac{h}{\sqrt{h^2 + x^2}}$ ist, wird (auch an Abb. 3, 4, 6 ersichtlich):

$$\frac{\cos^4 (\psi_x - \varepsilon) \cos \psi_x}{\cos \varepsilon} = \frac{h^4}{(\sqrt{x^2 + h^2})^5} (h - x\,tg\,\varepsilon)$$

$$\frac{\cos^4 (\varepsilon - \psi_x) \cos \psi_x}{\cos \varepsilon} = \frac{h^4}{(\sqrt{x^2 + h^2})^5} (h + x\,tg\,\varepsilon)$$

$$\frac{\cos^4 (\varepsilon + \psi_x) \cos \psi_x}{\cos \varepsilon} = \frac{h^4}{(\sqrt{x^2 + h^2})^5} (h + x\,tg\,\varepsilon)$$

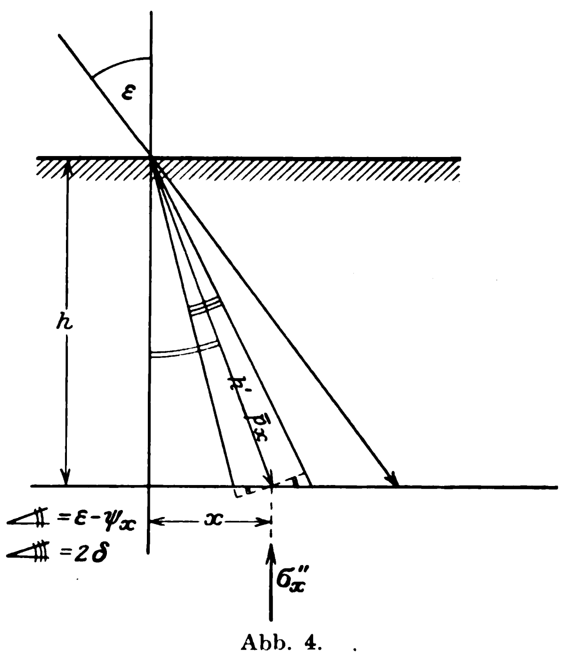


Abb. 4.

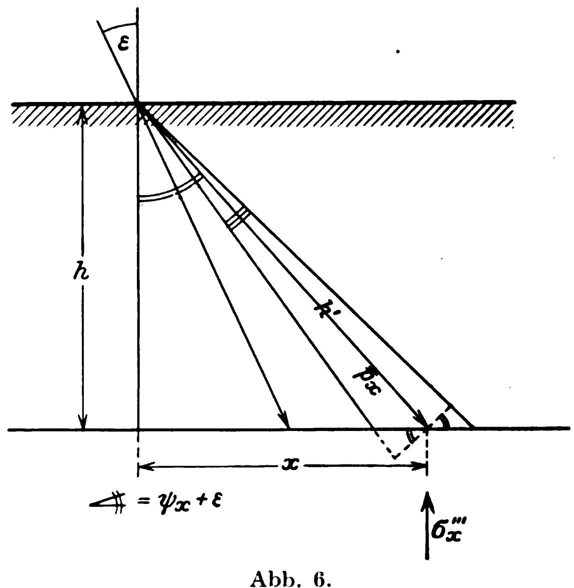


Abb. 6.

Somit ist:

$$p \cos \varepsilon = \sigma_0 h^4 \left\{ h \int_{-h\,tg(\psi+\varepsilon)}^{h\,tg(\psi-\varepsilon)} \frac{dx}{(\sqrt{x^2+h^2})^5} + tg\,\varepsilon \int_{o}^{h\,tg(\psi+\varepsilon)} \frac{x\,dx}{(\sqrt{x^2+h^2})^5} - tg\,\varepsilon \int_{o}^{h\,tg(\psi-\varepsilon)} \frac{x\,dx}{(\sqrt{x^2+h^2})^5} \right\}$$

Da

$$\int \frac{dx}{(\sqrt{x^2+h^2})^5} = \frac{x}{3h^2(\sqrt{x^2+h^2})^3} + \frac{2x}{3h^4\sqrt{x^2+h^2}}$$

und

$$\int \frac{x\,dx}{(\sqrt{x^2+h^2})^5} = -\frac{1}{3(\sqrt{x^2+h^2})^3}$$

ist, erhalten wir nach Einsetzen der Grenzen und Substitution

$$\sigma_0 = \frac{3p}{h\varrho} \text{ wo } \varrho = f(\psi,\varepsilon) = \left[\frac{tg(\psi+\varepsilon)}{(\sqrt{1+tg^2(\psi+\varepsilon)})^3} + \frac{2\,tg(\psi+\varepsilon)}{\sqrt{1+tg^2(\psi+\varepsilon)}} + \frac{tg(\psi-\varepsilon)}{(\sqrt{1+tg^2(\psi-\varepsilon)})^3} + \frac{2\,tg(\psi-\varepsilon)}{\sqrt{1+tg^2(\psi-\varepsilon)}} + \frac{tg\,\varepsilon}{(\sqrt{1+tg^2(\psi-\varepsilon)})^3} - \frac{tg\,\varepsilon}{(\sqrt{1+tg^2(\psi+\varepsilon)})^3}\right]\frac{1}{\cos\varepsilon} \quad \ldots\ldots 5)$$

Abb. 7.

Für $\varepsilon = o$ ist $\varrho = \frac{2\,tg\,\psi\,(3+2\,tg^2\psi)}{(1+tg^2\psi)\sqrt{1+tg^2\psi}}$, . . 5a)

und in diesem Fall, wenn $\psi = \pi/2 - \varphi$ und $tg\,\varphi = f$ ist, erhält man

$$\varrho = \frac{6f^2+4}{(1+f^2)\sqrt{1+f^2}}$$

Es kann nun nachgewiesen werden, daß die genaue Kenntnis des Winkels ψ von geringer Bedeutung ist. Wenn wir im Falle $\varepsilon = o$, $\psi = 90^0$ wählen, so verteilt sich der Druck auf einen unendlich langen Streifen; wenn aber $\psi = 45^0$ gewählt wird, auf einen Streifen von der Länge 2 h. Im ersten Fall ist lim $\varrho = 4$ für $tg\,\psi = \infty$ und $\sigma_0 = \frac{3}{4}\frac{p}{h}$, im zweiten $\sigma_0 = 0{,}846\,\frac{p}{h}$. Während sich ψ verdoppelte, erhöhte sich der Wert von σ_0 nur um etwa 14%.

Gleichung 5) ist eigentlich eine Verallgemeinerung der Boussinesqueschen Formel*) $\sigma_z = -\frac{3\,ph^3}{2\pi h_1^5}$, die für senkrechte und punktförmige Last gilt, während hier eine geneigte und linienförmige Last behandelt wurde.

Daß unsere Rechnungsweise bei senkrechter und punktförmiger Last zur Boussinesqueschen Formel führt, läßt sich wie folgt zeigen.

Der Schnitt eines „Keilkegels" mit einer Niveauebene — h ist (Abb. 8) ein Kreisring mit dem Halbmesser x. Hier herrscht die Spannung σ_x, die nach unserer Gleichung 1a) mit $\sigma_0 \cos^5 \psi_x$ zu berechnen ist. Der ganze Kreisring liefert die senkrechte Komposante $p_x = \sigma_0 \cos \psi_x . 2\pi x$, und es muß somit $p = 2\pi\sigma_0 h^5 \int\limits_0^\infty \frac{x\,dx}{(\sqrt{x^2+h^2})^5} = 2\pi\sigma_0 h^5 \frac{1}{3h^3}$ sein, wovon $\sigma_0 = \frac{3p}{2\pi h^2}$. Dasselbe folgt auch aus der angeführten Boussinesqueschen Formel für σ_0, da in diesem Fall der Leitstrahl h_1 mit der senkrechten Strecke h zusammen fällt.

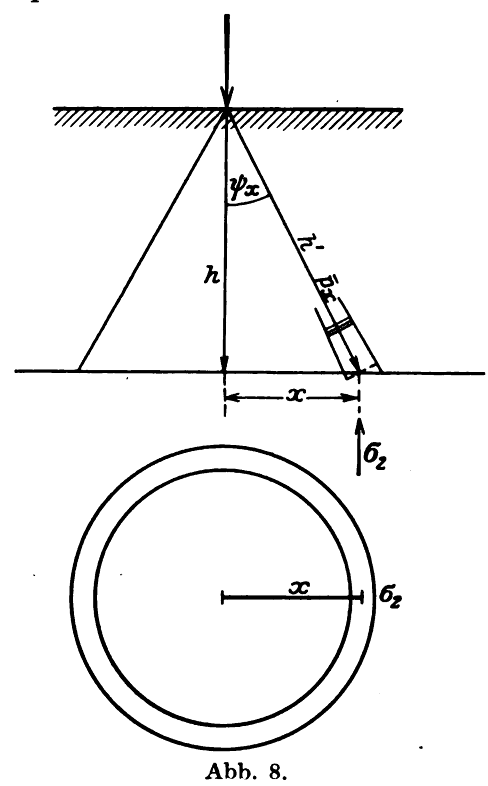


Abb. 8.

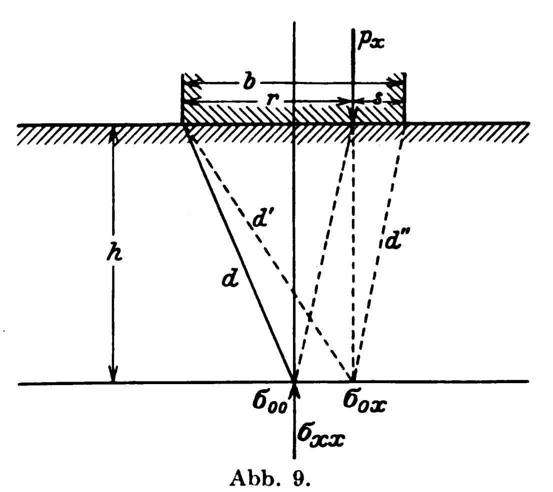


Abb. 9.

Wir wählten linienförmige Last, da die streifenförmige, wie sie bei der Schwelle (oder Gründung von Mauern) vorkommt, aus dieser zu bilden ist, und geneigte Last oder Kraftrichtung, weil an der unteren Schwellenfläche wagrechte Reibungskräfte entstehen und die Richtung der einzelnen Kraftstreifen beeinflussen.

Sehen wir zunächst von der Wirkung beigesellter (koordinierter) wagrechter Kräfte ab und nehmen somit $\varepsilon = o$ an, so läßt sich die ganze Spannungsverteilung in einer Tiefe h und die größte Spannung σ_0 unter einer Streifenlast der Breite b bei gleichförmiger Belastung bp kg/cm in folgender Weise bestimmen (Abb. 9).

*) Application des potentiels. Paris 1885.

Die unter der Symmetrieachse liegende größte Spannung σ_{00} ist gleich der Summe aller Spannungen σ_{xx}, wobei der zweite Index sich auf die Entfernung der linienförmigen Last p_x von der Mittellinie bezieht, und der erste auf die Entfernung des Ortes der gesuchten Spannung von der Senkrechten der Kraft p_x.

$$\sigma_{00} = 2\sum_0^{\frac{b}{2}} \sigma_{xx} = 2\int_0^{\frac{b}{2}} \sigma_{0x} \cos^5 \varphi_x \, dx = \frac{6\,p}{h\varrho}\int_0^{\frac{b}{2}} \frac{h^5\,dx}{(\sqrt{x^2+h^2})^5} =$$

$$= \frac{6\,p\,b}{\varrho}\left[\frac{4h^2}{3\,(\sqrt{b^2+4h^2})^3} + \frac{2}{3\sqrt{b^2+4h^2}}\right] = pb\,\frac{h^2+2d^2}{\varrho\, d^3} \quad . . \; 6)$$

Kann bei größerer Tiefe und engerem b h = d angenommen werden, so erhalten wir

$$\sigma_{00} = \frac{3\,p\,b}{h\,\varrho} \quad . . . . \; 7)$$

(Der Ausdruck für ϱ ist in Gleichung 5a) gegeben.)

Die resultierende Spannung σ_{x0} in der Entfernung x von der Mittellinie läßt sich berechnen zu

$$\sigma_{x0} = \frac{3\,p}{h\,\varrho}\int_0^{\frac{b}{2}+x} \frac{h^5\,dx}{(\sqrt{x^2+h^2})^5} + \frac{3\,p}{h\,\varrho}\int_0^{\frac{b}{2}-x} \frac{h^5\,dx}{(\sqrt{x^2+h^2})^5}$$

und nach Integration wird mit den Bezeichnungen der Abb. 9

$$\sigma_{x0} = \frac{ph^2}{\varrho}\left[\frac{r}{d'^3} + \frac{s}{d''^3} + \frac{2\,r}{h^2 d'} + \frac{2\,s}{h^2 d''}\right] \quad . . . . \; 8)$$

Die Kurve $y = \sigma_{x0}$ hat große Ähnlichkeit mit der Wahrscheinlichkeitskurve, es drückt aber eine solche sonderbarerweise die tatsächlichen Druckverhältnisse besser aus als die Kurve $y = \sigma_{x0}$. Ganz dasselbe gilt von den Berechnungsweisen Boussinesque-Strohschneider, da sie auf denselben Voraussetzungen fußen wie Formel 8). Die berechneten Spannungen unter der Last fallen zu niedrig, die rechts und links seitwärts auftretenden Spannungen zu hoch aus.

Ohne behaupten zu wollen, daß mit den eingangs gemachten Voraussetzungen das Spannungsproblem in körnigen Massen sich mit völliger Genauigkeit lösen läßt, nimmt der Verfasser den Standpunkt ein, daß man mit den in Rede stehenden Voraussetzungen der Wahrheit doch näher kommen kann als bis jetzt, wenn man nur die Berechnung in anderer Beziehung mehr den tatsächlichen Verhältnissen anpaßt, wie wir es weiter unten mit Hilfe der Gleichung 5) versuchen werden.

Bei Berechnungen nach Boussinesque-Strohschneider wird gleichmäßige und senkrechte Belastung angenommen, während in der Tat auch bei gleichmäßiger Belastung gegen die Mitte der Belastungsfläche die spezifische Spannung an ihrer Unterfläche anwächst; auch die Richtung der genannten Hauptspannungen zeigt eine stetige Änderung von dem Rande gegen die Mitte der Lastfläche an. Wenn also z. B. eine parabolische Spannungsverteilung an der Lastunterfläche festgestellt wird, mit Maximum unter der Mittellinie und die Richtungen der Hauptspannungen von der mittigen Senkrechten sich beiderseits zur Wagrechten neigen, so werden sofort die größeren Hauptspannungen in der Mittellinie, wie sie die Versuche verschiedentlich lieferten, erklärt gegenüber den etwas kleineren Werten der Berechnungen Strohschneiders. Um für solche, der Wahrheit näherkommende Lastwirkung die Spannungsverteilung nach den klassischen Voraussetzungen zu ermitteln, sind die obigen Formeln abgeleitet.

Die theoretische Feststellung der Lastwirkungen an der Oberfläche der homogenen körnigen Massen auch bei „gleichmäßiger" Belastung ist eine Aufgabe für sich, und sollte baldigst gelöst werden. Zur Zeit herrscht auf diesem Gebiete noch große Unsicherheit.

Als Beleg und weitere Erklärung seien hier folgende Sätze Terzaghis, des berühmten Bodenmechanikers, angeführt: „Unter den angeführten Voraussetzungen (Engesser) sollte der auf den Rand einer starren gleichmäßig belasteten Platte wirkende Gegendruck des Bodens größer sein als der Druck des Bodens auf die Plattenmitte. Im Gegensatz sah sich dazu die Am. Found. Comm. durch die Arbeiten Engessers veranlaßt, für die, auf die Unterseite einer kreisrunden gleichförmig belasteten Platte wirkende Bodenreaktion eine parabolische Druckverteilung anzunehmen*) (Druck 0 am Rand und Maximaldruck unter der Plattenmitte). Obwohl der Verfasser geneigt ist, sich der Ansicht Engessers anzuschließen, muß er zugeben, daß die Theorie, auf die sich diese Ansicht stützt, nicht ganz einwandfrei ist (Terzaghi, Bodenmechanik S. 235).

Die neueren Versuche haben alle die Annahmen der American Foundation Commision bestätigt. So schreiben*) Prof. Dr. Ing. Kögler und Dr. Ing. Scheidig: „Nach den Messungen an der Sohlfläche steht fest, daß unter der Sohle eines starren Belastungskörpers, wie er beim Versuche verwendet worden ist, keineswegs eine gleichmäßige Verteilung des Bodendruckes herrscht, sondern daß der Druck von einem hohen Größtwerte in der Mitte nach dem Rande zu rasch abfällt bis zu einem sehr kleinen Werte am Rande selbst, dessen Größe von den Randbedingungen abhängt. Wenn der Körper auf der Oberfläche der Schüttung aufsitzt, kann der Randwert praktisch gleich Null gesetzt werden; er wächst mit zunehmender Gründungstiefe.

Das der „American Railroad Association" angegliederte „Special Comittee on Stresses in Railrod Track" gab 1919 der Öffentlichkeit eine Mitteilung über höchst bedeutsame Versuche und Studien über Druckverteilung im Bettungskörper unter Querschwellen. Der angeführte Fachausschuß stellte auch eine parabelartige Druckverteilung an der Schwellenauflagerfläche fest mit Goldbeckschen Zellen (Circular No. SII—10 S. 152), und zur Erklärung wurde auf die Rankinesche Theorie der konjugierten Spannungen in kohäsionslosen Massen zurückgegriffen.

Die tatsächliche Spannungsverteilung an der Sohlfläche wurde auch anläßlich dieser bedeutsamen Arbeit nicht abgeleitet; bloß für den Fall der beginnenden gewaltsamen Eindrängung der Schwelle in die Bettung als Grenze der Tragfähigkeit. Eine solche Berechnung der Tragfähigkeit muß aber als mißglückt betrachtet werden, weil die Grundbedingung der Berechnung die Annahme bildet, daß die gewaltsame Eindrängung („when the tie is being forced into the ballast") der Schwelle erst dann beginnt, wenn die mit der Sohle in Berührung stehenden Körner durch die konjugierten horizontalen Kräfte in Bewegung geraten.

Die Behauptung, daß die Reibung zwischen Holz und Bettung allerdings kleiner ist als die innere Reibung des Bettungsstoffes würde natürlich dafür sprechen, daß die erste Verdrängung sofort unter der Schwelle beginnt, aber aus den Versuchen Bräunings, Kreys und Terzaghis kann man eher den gegenteiligen Schluß ziehen.

Für übliche Schwellenbelastung sahen sich die Amerikaner veranlaßt, die Kraftverteilung nach Abb. 10 vorauszusetzen.

Mit Hilfe unserer Gleichung 5) lassen sich die Spannungen in beliebig tiefer wagrechter Meßebene berechnen, nur müssen die Wirkungen der einzelnen Laststreifen einzeln berechnet werden. Falls die Spannung in der Mittellinie gesucht wird, genügt es, im Belastungsfalle der Abb. 10 vier Streifen zu berechnen. Die Berechnung gestaltet sich einfacher als man

*) „Druckverteilung im Baugrunde". Bautechnik 1927, H. 31.

nach der verwickelten Formel vermuten würde, da die einzelnen Teile an Hand einer einfachen Zeichnung abmeßbare geometrische Größen sind. Es ist nämlich mit den Beziehungen der Abb. 11 $\varrho = \left[\frac{m}{k^3} + \frac{n}{l^3} + \frac{2m}{k} + \frac{2n}{l} + \frac{z}{l^3} - \frac{z}{k^3}\right]\frac{1}{c}$. Die Werte ϱ ergeben dann für jeden Streifen das zugehörige $\sigma_0 = \frac{3p}{h\varrho}$ d. h. jene senkrechte Spannung, die in der Tiefe h unterhalb des Eintrittspunktes der Last vorhanden ist.

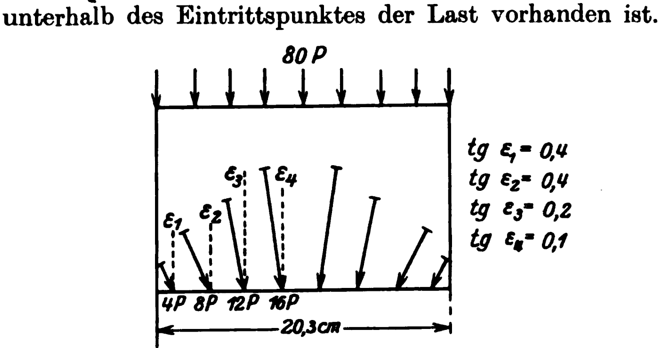


Abb. 10.

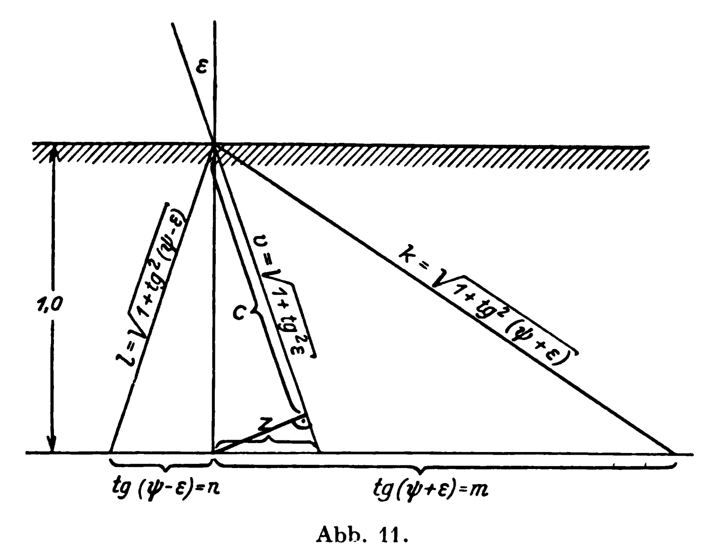


Abb. 11.

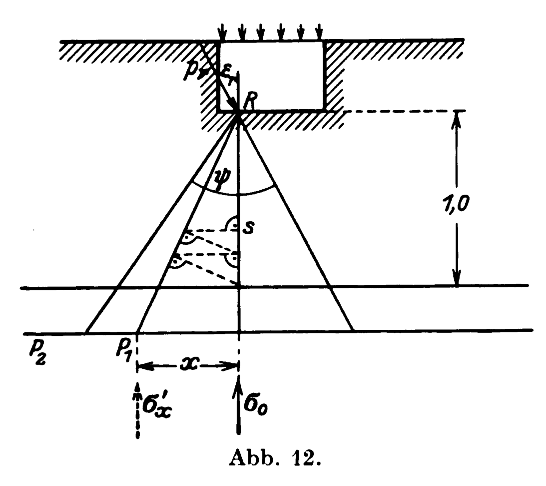


Abb. 12.

Die Spannung in einem gewählten Punkt P (Abb. 12) erhält man, wenn man alle Spannungen addiert, welche die Streifenkräfte p_r verursachen. Jede solche läßt sich nach Formel 1), 2) oder 3), je nach Lage des Punktes P, berechnen; so ist z. B. im Falle der Abb. 12 $\sigma_x' = \frac{\sigma_0 \cos^4 (\psi_x - \varepsilon) \cos \psi_x}{\cos \varepsilon}$. Die einzelnen trigonometrischen Größen lassen sich wieder zeichnerisch bestimmen. (So ist $\overline{RS} = \cos^4 (\psi_x - \varepsilon)$).

Verfasser hat nach diesem Verfahren die in Vonhunderten der durchschnittlichen spezifischen Oberflächenspannung ausgedrückten Spannungen unter einer Schwelle mit den Querschnittsmaßen 6 × 8 Zoll berechnet unter Annahme einer Kraftverteilung, wie sie die Amerikaner voraussetzten (s. Abb. 10). Dem Bericht des erwähnten amerikanischen Fachausschusses ist eine Zusammenstellung beigefügt, die in elf verschiedenen Punkten der Bettung die durchschnittlichen gemessenen Spannungen angibt unter einer 8″ breiten Schwelle, ebenfalls in Vonhunderten der gleichmäßig gedachten Oberflächenspannung (= 100 Pf. pro □ Zoll). In Abb. 13 wurden die gemessenen amerikanischen durchschnittlichen Spannungen in Vonhunderten aufgetragen für alle elf Punkte, und auch die nach obigen Voraussetzungen berechneten Spannungen.

Treffender gestaltet sich aber der Vergleich, wenn mit dem Auftreten eines kleinen (z. B. 4 cm tiefen) „Tragkörpers" aus Bettungsstoff (ein Begriff Terzaghis) unter der Schwelle gerechnet wird, in welchem die Druckverhältnisse ganz dieselben sind als an der Sohlfläche der Schwelle. Diese kleine Schicht, deren Dicke von der Korngröße des Bettungsstoffes abhängt, vermittelt einigermaßen den Übergang der Verhältnisse in den Hookschen Zustand. Das Vorhandensein und die Bedeutung dieses Tragkörpers ließe sich durch eingehende theoretische Betrachtungen weiterstützen.

Bei Annahme eines 4 cm tiefen Tragkörpers (wo also alle Druckfäden — in Übereinstimmung mit den Versuchen — noch ganz senkrecht verlaufen, und wo die Bettung überhaupt keine Verkürzung unter Druck erleidet) wurden die Spannungen ebenfalls für die angedeuteten elf Punkte berechnet; sie sind den von der amerikanischen Kommission gemessenen Spannungen in Abb. 14 gegenübergestellt.

Die verhältnismäßig geringe Abweichung der gemessenen und berechneten Werte läßt sich z. T. auch mit den Ungenauigkeiten der bloß vermuteten Kraftverteilung nach der Abb. 10 und mit der Ungenauigkeit in der Annahme des Winkels ψ erklären. Es ist aber auch zu bemerken, daß die Zahlen der amerikanischen Quelle bei 8″ Schwellenbreite für jede Bettungsart vom Sand bis zum Steinschlag gelten sollen, und daß die Messungswerte nicht mit den feinsten Instrumenten auf unnachgiebigem Untergrunde gewonnen wurden. Wir wissen schon, daß das ideale Meßgerät der Elastizität des Bettungsstoffes und der Kraftwirkung Rechnung tragen müßte. Auch sind die Spannungen, die für geringere Tiefen angegeben sind, wegen der Art ihrer Ableitung nicht ganz unanfechtbar*).

Nach ganz denselben Grundsätzen wie die lotrechten Spannungen können auch die horizontalen Spannungen bei schiefer Belastung entwickelt werden. Diese im Oberbau zu kennen ist von nicht geringer Bedeutung, soll aber hier nicht weiter verfolgt werden. Die hervorragende Wichtigkeit dieser Frage läßt sich auch aus den Ausführungen Bräunings ersehen, der die gewölbeartigen Verspannungen aus der ungenügend starken Bettung deutet. Besonders zeitgemäß wird diese Frage jetzt, wo die neueren Bettungsverdichtungsverfahren vergleichend beurteilt werden sollten.

Soll die angedeutete Frage allgemein behandelt werden, so ist der Lastdruck in der Tiefe h noch mit Eigenspannung $\sigma_v = \gamma h$ und $\sigma_h = \xi \gamma h$ zusammenzusetzen, wie dies bei Gründungsfragen auch kaum zu umgehen ist. Bei Untersuchung der Bettungsspannungen können aber σ_v und σ_h mit Recht vernachlässigt werden.

*) Die Schwellen sind nicht gleichmäßig belastet worden, sondern wie im Gleise, durch zwei konzentrische Kräfte. Die Spannungen sind aber entlang der Schwelle gemessen worden, wobei der auf diese Weise manchmal nicht ganz bezeichnende Durchschnitt gebildet wurde.

Im vorhergehenden haben wir ein Verfahren entwickelt, mittels dessen sich die Spannungsverteilung im körnigen Stoffe durch Anwendung der einfachen Gesetze der Festigkeitslehre mit hinreichender Genauigkeit vorher sagen läßt. Die Tragfähigkeit selbst läßt sich aber nach diesem Verfahren nicht berechnen, da in diesem Grenzfall das Gesetz $y = cp$ überhaupt keine Gültigkeit besitzt und auch die kohäsionslose Wesensart des körnigen Bettungsstoffes überwiegt.

aufgenommen werden und daß die Schubspannungen in keiner Richtung die Reibung überschreiten können. Im übrigen aber, solange keine Bewegung eintritt, also innerhalb der Grenzen des aktiven und passiven Erddruckes, und z. T. einschließlich dieser Grenzfälle, ist ein wesentlicher Unterschied gegenüber festen Körpern nicht vorhanden. Für die elastischen Formänderungen ist es ziemlich gleichgültig, ob ein betrachteter Körperteil aus unendlich kleinen oder endlichen

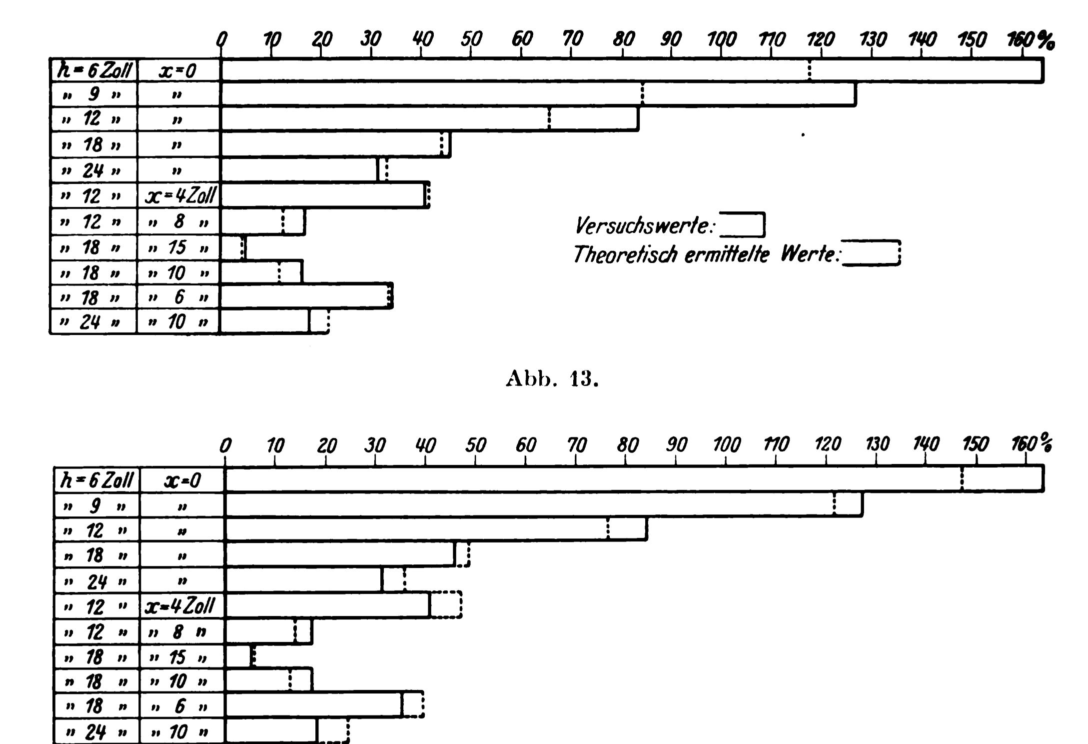


Abb. 13.

Abb. 14.

Die leidlich gute Übereinstimmung von Theorie und Versuch auch bei dünner und grobkörniger Steinschlagschicht wirkt beruhigend, rechtfertigt die Anwendung des Hookeschen Gesetzes und bekräftigt den Standpunkt Dr. H. Kreys, wenn er schreibt: „Die vielfach in der Literatur auftretende Behauptung, daß es sich bei losen Erdmassen ohne Kohäsion grundsätzlich um ganz andere Verhältnisse und Eigenschaften handle als bei festen Körpern, ist irrig. Der einzige Unterschied zwischen ihnen besteht darin, daß bei loser Erde und Sand ohne Haftung Zugspannungen nicht kleinen Teilchen besteht, die sich irgendwie berühren. Auch bei festen Körpern sind je nach der Herstellung verschiedene Anfangsspannungen vorhanden, und auch bei ihnen sind die Spannungen im ganzen Körper durchaus nicht gleichmäßig, weder die Hauptspannungen noch die Schubspannungen. Wir können daher die an festen Körpern gewonnenen Ergebnisse auch mit geringen Einschränkungen und Veränderungen auf lose Massen übertragen*).

*) „Erddruck, Erdwiderstand und die Tragfähigkeit des Baugrundes" von Dr. H. Krey. S. 23.

Die Bemessung von Eisenbetonquerschwellen nach der Theorie und der Erfahrung.

Von Dipl.-Ing. **Géza Mendl**, Oberinspektor der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Hierzu Tafel 26.

Die Bemessung von Querschwellen, die anfangs rein erfahrungsgemäß erfolgte, ist seit den theoretischen Untersuchungen Winklers und den darauf fußenden grundlegenden Arbeiten von Dr. Zimmermann und von Ast-Helly der Berechnung hauptsächlich dadurch zugänglich geworden, daß sowohl das Werk Dr. Zimmermanns als die Studie von Ast Tabellen enthalten, die die Ausführung der sonst sehr umfangreichen Rechenarbeit vereinfachen. Diese Tabellen setzen gleichbleibende Querschnittsabmessungen der Schwellen und beiderseitigen gleich großen Schienendruck voraus und gelten nur für die beiden einfachsten Auflagerungsfälle: die der ganzen Länge nach gleichmäßig unterstopfte, und die auf dem tragenden Teil ihrer Länge gleichmäßig unterstopfte Schwelle. In Wirklichkeit werden nun an den Lastpunkten oft ganz ungleiche Drücke übertragen, auch wird nur die frisch unterstopfte Schwelle annähernd gleichmäßig aufliegen, während Schwellen, die den Wirkungen der Verkehrslast schon längere Zeit ausgesetzt waren und sich gesetzt haben, ungleich und stellenweise auch hohl liegen. Bei Schwellen aus Eisen oder Holz kann man der mangelhaften Übereinstimmung zwischen Rechnungsgrundlagen und Wirklichkeit dadurch Rechnung tragen, daß die zulässigen Spannungen entsprechend herabgesetzt werden. Dieses einfache Bemessungsverfahren ist bei Eisenbetonschwellen unzweckmäßig; sollen diese mit Eisen- oder Holzschwellen wirtschaftlich in Wettbewerb treten können, so müssen sie aufs sparsamste bemessen sein, insbesondere muß der kostspieligste Bestandteil der Schwelle, die Eisenbewehrung durch Erhöhung der zulässigen Eisenspannungen bis zur eben noch statthaften Grenze, möglichst ausgenützt werden; demgegenüber müssen aber die angreifenden Kräfte und die Auf-



lagerungsverhältnisse genauer erfaßt werden. Diesen Überlegungen entsprechend sind in neuerer Zeit bei der Bemessung von Eisenbetonschwellen Annahmen gemacht worden, die den tatsächlichen Verhältnissen besser entsprechen als die bisherigen. So wurde beispielsweise vorausgesetzt, daß an den beiden Lastpunkten verschieden große Schienendrücke übertragen werden, ferner daß die Bettungsziffern für die Schwellenköpfe und für den Mittelteil der Schwelle verschieden groß sind, oder daß die Unterstopfung der beiden Seiten der Schwelle ungleich ist. Derartige Untersuchungen gestatten wohl einen sehr erwünschten, tieferen Einblick in das Kräftespiel der Schwelle, doch bleibt es — solange uns nicht sehr zahlreiche Spannungs- und Formänderungsmessungen an Schwellen zur Verfügung stehen — fraglich, inwieweit das vorausgesetzte Verteilungsgesetz zutrifft und welches die in Wirklichkeit eintretende ungünstigste Last- und Druckverteilung ist, insbesondere welchen Größenwert der dynamische Faktor annimmt. Bei dem jetzigen Stand unserer Erfahrungen bleibt die beste Überprüfung des Berechnungsverfahrens der praktische Versuch im Großen, und zwar durch eine auf mehrere Jahre sich erstreckende Beobachtung, an einer genügend großen Anzahl ins Gleis verlegter Schwellen. Zu solchen Beobachtungen sind Schwellen am geeignetesten, die an der Grenze ihrer Tragfähigkeit stehend, im allgemeinen den Betriebslasten gerade noch entsprechen, aber bei besonders ungünstiger Auflagerung oder bei besonders großen dynamischen Wirkungen bereits versagen.

Diese Erwägungen veranlassen uns, nachstehende Mitteilungen über das Verhalten derartiger, heute schon veralteter Schwellenarten zu machen. Es sind dies Eisenbetonschwellen der italienischen Bauarten vom Jahre 1905 und 1906, die nach etwa zehnjähriger Beobachtungsdauer wegen Verstärkung und Umbaues der Versuchsstrecke aus dieser entfernt und in ein Nebengleis verlegt werden mußten.

Die Eisenbetonschwellen italienischer Bauart.

Veranlaßt durch die große Bestellung von 300000 Stück Eisenbetonschwellen, die die italienischen Eisenbahnen in den Jahren 1906 bis 1908 machten, entschlossen sich die k. ung. Staatsbahnen, auch ihrerseits Versuche mit diesen Eisenbetonschwellen auszuführen. Demgemäß wurden im Jahre 1911 etwa 4000 Stück Schwellen in eine dicht bei Budapest gelegene Versuchsstrecke verlegt. Diese Versuchsstrecke liegt auf der Verbindungsbahn zweier Bahnhöfe, hat den Charakter einer Hauptbahn zweiten Ranges und weist lebhaften Güterzugverkehr, aber weder Personen- noch Schnellzugsverkehr auf.

Es wurden je 2000 Stück Schwellen der damals bei den italienischen Bahnen als gleichwertig geltenden Bauarten vom Jahre 1905 und vom Jahre 1906 verlegt und zwar wurde von jeder Bauart die eine Hälfte der Schwellen in Stampfbeton, die andere Hälfte in Gußbeton ausgeführt. Die beiden Bauarten (die Dr. Ing. Bastian im VII. Band des Handbuches für Eisenbetonbau als „Type vom Jahre 1906" und als „Neueren Schwellentypus" genau beschreibt und die wir daher als bekannt betrachten) unterscheiden sich hauptsächlich darin von einander, daß Bauart 1905 mit zahlreichen dünnen, in vier Schichten verteilten, Eiseneinlagen bewehrt ist, Bauart 1906 hingegen mit wenigen stärkeren Eiseneinlagen, die in zwei Schichten verteilt, nahezu den gleichen Querschnitt und das gleiche Widerstandsmoment, aber eine bedeutend geringere Haftfläche besitzen, als die Bewehrung der älteren Bauart.

Nachfolgende Zusammenstellung 1 gibt eine Übersicht der für die Festigkeitsberechnung maßgebenden Werte.

Unsere Versuche sollten auch die Frage klären, ob die bei den italienischen Schwellen vorgeschriebene ungewöhnlich große Zementmenge von 750 kg auf 1 m³ Sandgemenge beim Beton nicht etwa eine Neigung zur Rißbildung hervorruft und ob man, bei Verwendung eines hochwertigen Zementes, nicht

Zusammenstellung 1.

Bauart und Eisenbewehrung	Widerstandsmoment für die Zugeisen cm³		Umfang der Zugeisen (unter dem Schienenauflager) cm
	in Schwellenmitte	unter dem Schienenauflager	
Bauart 1905 . .	17,51	32,74	31,42
Bauart 1906 . .	18,09	29,72	14,14

mit einer viel geringeren Zementmenge auskommen könne. Es wurde deshalb die eine Hälfte der Schwellen aus fettem Beton (750 kg Zement auf 1 m³ Sandgemenge, oder etwa 630 kg auf 1 m³ gebrauchsfertigen Beton), die andere aus mehr magerem Beton (375 kg Zement auf 1 m³ Sandgemenge, oder etwa 360 kg auf 1 m³ Beton) verfertigt und die Lieferung der Schwellen je zur Hälfte an zwei Baufirmen vergeben, von denen die erste, die auf eine langjährige Erfahrung im Eisenbetonbau zurückblicken konnte, den hochwertigen Zement „A" verwendete, während die zweite Baufirma, die im Eisenbetonbau noch wenig Übung besaß, den minderwertigen Zement „B" benützte, der den damaligen Zement-Normen gerade noch entsprach.

Die mit den beiden Zementen und dem daraus hergestellten Beton vorgenommenen Normen-Festigkeitsproben ergaben im Alter von 28 Tagen folgende Festigkeitswerte in kg/cm².

Zusammenstellung 2.

Bezeichnung der Zemente		„A"	„B"
Festigkeit der Zemente auf	Druck	403	235
	Zug	29,4	17,4
Druckfestigkeit des Stampfbetons	fett	282	130
	mager	168	65
Druckfestigkeit des Gußbstons	fett	225	95
	mager	122	45

Die Schwellen wurden im Frühjahr 1911, etwa 9 Monate nach ihrer Herstellung, in die Versuchsstrecke verlegt.

Die 16 Varianten, in denen nach obigem die Schwellen in gleicher Anzahl ausgeführt wurden, zeigten ein sehr verschiedenes Verhalten. Nach 8½jähriger Benützungsdauer waren von den ursprünglich verlegten Schwellen folgende Vonhundertsätze noch in betriebsfähigem Zustand:

Zusammenstellung 3.

Bauart und Eisenbewehrung	Von den Schwellen hergestellt aus Zement							
	„A" hochwertiger Zement (fachgemäße Arbeit)				„B" minderwert. Zement (ungeübte Arbeit)			
	magerem		fettem		magerem		fettem	
	Gußbeton %	Stampfbeton %	Gußbeton %	Stampfbeton %	Gußbeton %	Stampfbeton %	Gußbeton %	Stampfbeton %
Bauart 1905	58,4	88,2	82,9	86,2	16,9	64,6	36,1	72,6
Bauart 1906	27,5	61,1	84,7	93,6	12,3	27,5	52,0	57,9

Aus der Zusammenstellung 3 können wir folgende Feststellungen ablesen:

a) Von den Schwellen der Bauart 1905 blieben etwa 21 % mehr gebrauchsfähig als von den Schwellen der Bauart 1906; die erste hat sich also anscheinend besser bewährt. Diese Überlegenheit der älteren Eisenbewehrung ist aber nur scheinbar; beschränken wir nämlich den Vergleich auf die Schwellen aus

fettem Beton, so finden wir — wie dies auch bei den italienischen ausschließlich mit fettem Beton ausgeführten Versuchen festgestellt wurde — daß beide Bauarten gleichwertig sind (in diesem Falle weist Bauart 1906 sogar eine um etwa 4% günstigere Abnützung auf).

Das verschiedene Verhalten der beiden Bauarten, deren Eisenbewehrung laut Zusammenstellung 1 sowohl in Schwellenmitte, als auch unter dem Schienenauflager fast gleich großen Biegungswiderstand bietet, findet seine Erklärung in dem bedeutenden Unterschied zwischen den Haftflächen der Zugeisen beider Bauarten. Bei dem Umstande nämlich, daß die Zugeisen ohne Haken oder sonstige Befestigung, auch ohne Aufbiegung bis an das Ende gerade durchlaufen, kann der Beton nur solche Kräfte auf die Eisenbewehrung übertragen, die den gesamten Gleitwiderstand nicht überschreiten. Dieser Widerstand war bei den aus magerem Beton nach Bauart 1906 hergestellten Schwellen am geringsten und zweifellos ungenügend, um die notwendigen Zugkräfte ganz aufzunehmen; hingegen war er, sowohl bei den Schwellen aus fettem Beton (infolge des, mit der Festigkeit des Betons zunehmenden Gleitwiderstandes) als auch bei den Schwellen der älteren Bauart, infolge ihrer mehr als doppelt so großen Haftfläche und des dadurch bedingten viel größeren Gleitwiderstandes, zur Aufnahme der ganzen notwendigen Zugkraft offenbar ausreichend.

b) Es stellte sich die Zahl der betriebsfähigen Schwellen:

1. Bei Verwendung hochwertigen Zementes und bei fachgemäßer Arbeit um etwa 71% höher als bei Benützung minderwertigen Zements und bei ungeübter Arbeit;
2. bei Verwendung fetten Betons um etwa 59% höher als bei Benützung mageren Betons;
3. bei Ausführung in Stampfbeton um etwa 49% höher als bei Herstellung aus Gußbeton;

kurz: alle Umstände, die die Beschaffenheit und Festigkeit des Betons günstig beeinflußten, erhöhten auch wesentlich die Haltbarkeit der Schwelle.

Noch augenfälliger wird der ausschlaggebende Einfluß, den die Güte des Betons auf die Haltbarkeit der Schwellen ausübte, wenn wir Schwellen derselben Bauart miteinander vergleichen. So blieben beispielsweise von der am besten bewährten, aus Zement „A" und fettem Stampfbeton nach Bauart 1906 hergestellten Abart $7^1/_2$mal soviel Schwellen gebrauchsfähig, als von der (nach derselben Bauart) aus Zement „B" und magerem Gußbeton hergestellten Abart. Dieses Ergebnis ist, da die Eisenbewehrung der beiden Abarten die gleiche war, ausschließlich auf die Menge des Zements und die Festigkeitseigenschaften des Zements und Betons zurückzuführen. Aus den vorstehenden Beobachtungen haben wir die Folgerung abgeleitet: daß die Haltbarkeit der Eisenbetonschwellen nur durch eine Güte des Zements und Betons gewährleistet wird, die die bei den gewöhnlichen Eisenbetonbauten erforderliche weitaus übertrifft, daß ferner für einen sehr guten Verbund zwischen Eisen und Beton vorgesorgt werden muß, und daß dazu möglichst kleine Durchmesser für die Längseisen zu wählen sind.

Die erhöhten Anforderungen, die bei Eisenbetonschwellen an die Güte des Betons und des Verbundes gestellt werden müssen, haben ihre Ursache zweifellos in den ungünstigen dynamischen Wirkungen der bewegten Last. Darauf weist besonders der Umstand hin, daß von den Stoßschwellen, die den Stößen, Erschütterungen und Schwingungen der Verkehrslast unmittelbar ausgesetzt sind, ein viel größerer Hundertsatz unbrauchbar wurde, als von den Mittelschwellen. Die Zahl der ausgewechselten Schwellen betrug (wenn wir sämtliche verlegten Schwellen in Betracht ziehen) bei den Stoßschwellen 78% und bei den Mittelschwellen 36%. Noch größer sind die Unterschiede bei den gut bewährten Abarten; es wurden beispielsweise von der am besten bewährten (aus Zement „A" und fettem Stampfbeton nach Bauart 1906 hergestellten) Abart 31% der Stoßschwellen und nur 2,3% der Mittelschwellen unbrauchbar. Die Stoßschwellen haben also eine bedeutend ungünstigere Inanspruchnahme zu erleiden, als die übrigen Schwellen. Diese Feststellung ermöglicht es, an Eisen zu sparen, indem nur die Stoßschwellen den feststellbar ungünstigsten Kraftwirkungen entsprechend bemessen werden, die Mittelschwellen hingegen, den kleineren Kraftwirkungen gemäß, mit geringerem Aufwand an Eisen.

Eingehende Beobachtungen an den unbrauchbar gewordenen Schwellen ergaben als hauptsächlichste Ursachen der Auswechslung: die Zerstörung des Schwellenteils unterhalb des Schienenauflagers, und den Bruch der Schwelle infolge von Scher-Rissen.

Die erste Form der Zerstörung wurde vorzugsweise an den aus minderwertigem Beton hergestellten Schwellen beobachtet: die ersten Anzeichen waren in der Regel Oberflächenrisse. Diese Risse, die nur bis zur oberen Eisenbewehrung reichten, gingen am häufigsten von den Ecken der Schienenunterlegplatten, seltener von den Kanten der Dübel aus; manchmal bildeten von der Schwellenunterfläche ausgehende (infolge der Biegung auftretende) Zugrisse die ersten Ursachen der Zerstörung.

Auch bei den aus gutem Beton hergestellten Schwellen war ein geringes Eindrücken der Unterlegplatten in die Oberfläche des Betons zu beobachten, doch ohne daß dadurch Risse im Beton entstanden wären.

Um dem Entstehen der Oberflächenrisse und dem Eindrücken der Unterlegplatten vorzubeugen und um die dynamischen Wirkungen abzuschwächen, wurde bei unseren späteren Versuchen zwischen Unterlegplatte und Schwelle, eine elastische Zwischenlage (am besten aus Pappelholz) eingefügt. Auch wurde beim Befestigen der Schienen darauf geachtet, daß die Schraube nur soweit in den Dübel eingetrieben werde, bis der Schraubenkopf auf dem Schienenfuß eben anliegt, ohne stärkeren Druck auszuüben. Es wurde damit sowohl einer ruckweisen Zugwirkung auf den Dübel, als einem Hämmern der Unterlegplatten auf der Schwelle vorgebeugt.

Bei den besser bewährten, aus gutem Beton hergestellten Abarten war das Durchscheren der Schwellen (richtiger Reißen des Betons infolge von Zughauptspannungen in schiefen Querschnitten) die hauptsächlichste Ursache der Auswechslung. Diese Art der Zerstörung war bei den Schwellen der Bauart 1905, zweifellos infolge des viel besseren Verbundes, viel seltener als bei den Schwellen der Bauart 1906.

Die Scher-Risse, deren äußerste und innerste Lage im Grundriß der Schwelle auf Textabb. 1 dargestellt sind, traten fast ausnahmslos in unmittelbarer Nähe der Stelle auf, wo sich der Querschnitt der Schwelle plötzlich ändert; sie lagen beiderseits dieser Stelle, innerhalb eines Streifens von nur etwa 20 cm Breite, wie dies auf der Zeichnung angedeutet ist. Die Lage der Bruchstellen weist darauf hin, daß neben dem unzureichenden Scherwiderstand der Schwelle der bekanntlich sehr ungünstige Einfluß der unvermittelten Querschnittsänderung die Hauptursache des durch Scherkräfte erzeugten Bruches war, daß also stärkere Querschnittsänderungen zu vermeiden sind.

Weder die Zerstörung des Schwellenteils unterhalb des Schienenauflagers, noch das Durchscheren der Schwelle waren mit nennenswerten Verformungen verbunden; wohl wiesen viele unbrauchbar gewordene und ein großer Teil der noch betriebsfähigen Schwellen merkliche, bleibende Formänderungen auf, doch waren diese niemals so weitgehend, daß sie zum Bruch geführt und die Auswechslung der Schwelle veranlaßt hätten.

Am häufigsten zeigten die Schwellen die in Textabb. 2 dargestellte Formänderung, seltener nahmen sie die in Textabb. 3 und nur ausnahmsweise die in Textabb. 4 dargestellte Form an. An den aus anderen Ursachen unbrauchbar gewordenen Schwellen der acht am besten bewährten Abarten haben wir festgestellt, daß etwa 55 % die erste, 20 % die zweite und nur 2 % die dritte Form angenommen haben, 20 % waren unverformt und 3 % wiesen Sonderverformungen auf. Den Formänderungen entsprechend zeigten sich im konvexen Teil der Schwellen Zugrisse, die demgemäß im Mittelteil der Schwelle von der Oberfläche unterhalb des Schienenauflagers von der Unterfläche ausgingen. Die letzterwähnten, von der Unterfläche ausgehenden Zugrisse, die von der Bettung verdeckt und daher der Beobachtung schwer zugänglich sind, bleiben leicht unbemerkt und finden deshalb — trotz ihrer größeren Bedeutung und ihres häufigen Auftretens — weniger Beachtung, als die, infolge des sogenannten „Reitens" der Schwelle entstehenden, gut sichtbaren Zugrisse im Mittelteil der Schwelle.

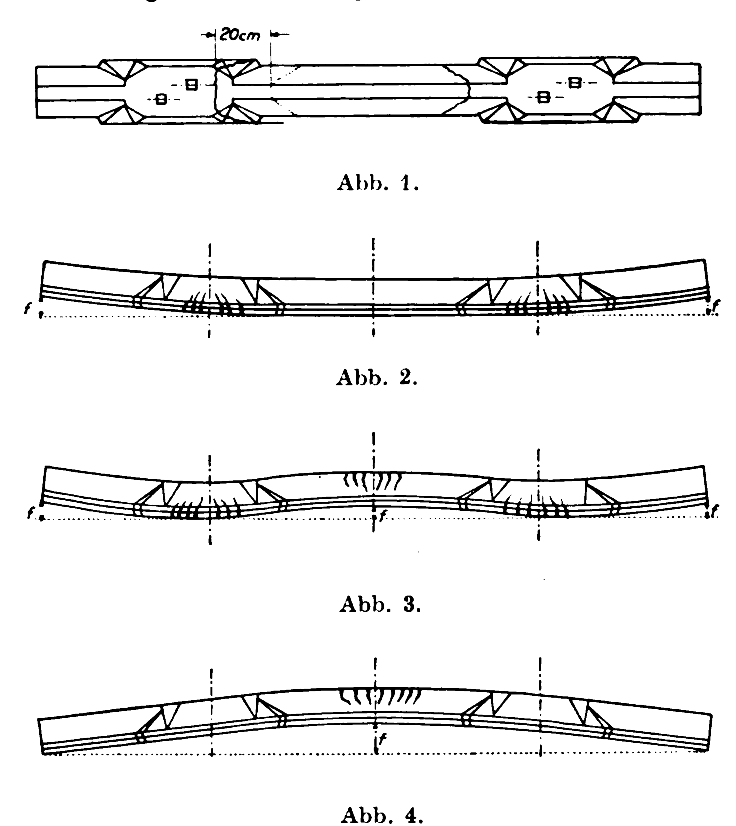


Abb. 1.

Abb. 2.

Abb. 3.

Abb. 4.

Formänderungen und Risse werden im Mittelteil der Schwelle durch negative, unterhalb der Lastpunkte durch positive Biegungsmomente hervorgerufen und weisen darauf hin, daß die Widerstandsmomente der Schwelle an diesen Stellen ganz ungenügend sind und daß die in den Zugeisen tatsächlich auftretenden Spannungen auf einzelnen Strecken die Proportionalitätsgrenze beträchtlich überschreiten. Die Biegungspfeile „f" betrugen in der Regel nur einige Millimeter, auch ausnahmsweise nicht mehr als 1 bis 1,5 cm bei den Formänderungen nach Textabb. 2 und 3 und höchstens 2 bis 2,5 cm bei der Formänderung nach Textabb. 4.

Eine zerstörende Einwirkung von Frost oder schroffen Temperaturänderungen konnte einwandfrei wohl nicht festgestellt werden, aber in einzelnen Fällen, in denen die im Mittelteil der Schwellen auftretenden Zugrisse dichter und stärker waren, sind diese möglicherweise durch Frostwirkung stellenweise vergrößert und erweitert worden.

Die Befestigung der Schienen mittels Holzdübel und Schienenschrauben hat sich bisher, während einer vieljährigen Beobachtungsdauer durchaus bewährt, eine Sprengwirkung der getränkten Dübel auf den Beton konnte niemals beobachtet werden, obgleich von der anfangs vorgesehenen Spiralbewehrung um die Dübel herum Abstand genommen wurde. Die Bewährung der Dübel ist dem Umstande zuzuschreiben, daß das Holz als elastischer Baustoff die Seitenstöße und Zugwirkungen der bewegten Last, federnd und deshalb gemildert auf den Beton überträgt.

Diese Angaben über das Verhalten der italienischen Schwellen ergänzen wir durch eine Festigkeitsberechnung der beiden Bauarten.

Auf der Versuchsstrecke verkehrten während der Beobachtungsdauer Fahrzeuge mit einem größten Achsdruck von 14,3 t; zum Oberbau wurde eine Schiene von 34,5 kg Metergewicht verwendet, deren Trägheitsmoment 911 cm^4 beträgt; die Bettungsziffer kann schätzungsweise auf $C=4$ veranschlagt werden. Mit diesen Werten haben wir die äußeren Kräfte und Biegungsmomente für zwei Auflagerzustände der Schwellen, nach dem Verfahren von Ast, berechnet.

Im ersten Zustand befindet sich die frisch verlegte oder frisch nachgestopfte Schwelle, von der wir annehmen, daß sie unter jeder Schiene auf eine Länge von 1,1 m auf der Bettung aufliegt, in der Mitte aber, wo sie auf 40 cm Länge nicht unterstopft wurde, hohl liegt. Bei dieser Auflagerung, die für den Schwellenteil unter dem Schienenauflager die ungünstigste ist, beträgt der Schienendruck rund 3850 kg, der größte Bettungsdruck etwa 1,8 kg/cm^2, die größte Einsenkung der Schwelle (bei der vorausgesetzten Bettungsziffer: $C=4$) etwa 4,5 mm und das größte positive Biegungsmoment rund + 40000 kgcm, wenn die lastverteilende Wirkung der 18 cm breiten Unterlegplatte berücksichtigt wird.

Der zweite Zustand tritt ein, wenn die Schwelle der Verkehrslast längere Zeit ausgesetzt war und sich infolge des beträchtlichen Bettungsdruckes und der bedeutenden Einsenkung soweit gesetzt hat, daß sie auf ihrer ganzen Länge auf der Bettung aufliegt. Dieser Auflagerzustand, bei dem das größte negative Biegungsmoment von rund 33000 kgcm entsteht, ist für den Mittelteil der Schwelle der gefährliche.

Aus den für die beiden Auflagerzustände festgestellten ungünstigsten Biegungsmomenten wurden die folgenden Größtspannungen in kg/cm^2 errechnet:

Zusammenstellung 4.

Bauart und Eisenbewehrung	Zug-	Druck-	Zug-	Zug-	Druck-	Zug-
	Spannungen im			Spannungen im		
	Eisen	Beton	Beton	Eisen	Beton	Beton
	unter dem Schienenauflager, bei Zustand I			in Schwellenmitte bei Zustand II		
Bauart 1905 .	1228	67	40	1860	70	79
Bauart 1906 .	1355	65	45	1820	61	69

Diese rechnungsmäßigen Spannungen sind (besonders für die Schwellenmitte) wohl sehr bedeutend, doch kann man, auch aus den großen Zugspannungen des Eisens, die bei einzelnen Schwellen beobachteten ganz erheblichen Formänderungen nur dann erklären, wenn man annimmt, daß die berechneten statischen Spannungen eine beträchtliche Vergrößerung erfahren haben, und zwar durch dynamische Wirkungen, ferner durch Auflagerverhältnisse, die noch ungünstiger waren, als die vorausgesetzten. Das Maß dieser Vergrößerung haben wir aus den Ergebnissen unserer späteren Laboratoriumsversuche mit ziemlicher Genauigkeit bestimmen können.

Die Eisenbetonschwellen der ungarischen Staatsbahnen.

Die unausgesetzt steigenden Schwellenpreise, ferner Schwierigkeiten bei der Beschaffung von Holzschwellen während des Weltkrieges bewogen die k. ung. Staatsbahnen im Jahre 1916, sich mit der Eisenbetonschwelle als Ersatz der Holzschwelle neuerdings zu befassen. Das führte zum Entwurf unserer Eisenbetonschwelle Bauart 1916, bei deren Bemessung und Herstellung wir unsere bis dahin gemachten Erfahrungen mit gutem Erfolg verwertet haben.

Die äußeren Kräfte wurden für 16 Tonnen Achsdruck nach dem Verfahren von Dr. Zimmermann berechnet und hierauf die Schwelle (insbesondere Form und Stärke der Eisenbewehrung) nach der Theorie der auf Biegung beanspruchten Eisenbetonbalken bemessen. Bei der Bestimmung der äußeren Form unserer Bauart 1916 wurden Querschnittsänderungen grundsätzlich vermieden; der Querschnitt der Schwelle ist trapezförmig, die unteren Ecken sind abgeschrägt, die Länge beträgt 260 cm, die Höhe im mittleren Teil 16 cm, an den Enden 13 cm, die durchaus gleich bleibende Breite beträgt an der Oberfläche 22 cm, an der breitesten Stelle 24 cm. Diese äußeren Abmessungen und die äußere Form verleihen unserer Bauart 1916 — wie aus der Zeichnung derselben auf Taf. 26 ersichtlich — große Ähnlichkeit mit der Holzschwelle, sowie mit der Asbestonschwelle der Firma Wolle.

Das Gewicht der gebrauchfertigen Schwelle beträgt 230 kg, das Gewicht der Eisenbewehrung etwa 22 kg.

Von dieser Bauart wurden 200 Stück in etwa 20 Abarten ausgeführt, die sich hinsichtlich der Beschaffenheit und Menge des verwendeten Zements, der Zuschlagstoffe, Betonmischung und der Durchmesser der Eiseneinlagen voneinander unterschieden. Etwa 150 Stück davon wurden in der Versuchsanstalt der technischen Hochschule in Budapest verschiedenen Festigkeitsprüfungen unterzogen.

Zur Verwendung gelangten nur hochwertige Zemente, deren Normenfestigkeiten im Alter von 28 Tagen auf Druck 440 bis 620 kg/cm², auf Zug: 31 bis 43 kg/cm² betrugen. Die Betonmischungen enthielten 400 kg und 600 kg Zement auf ein m³ gebrauchfertigen Beton.

Die Versuche bestanden in Biege-, Scher- und Druckproben, die an den gebrauchfertigen Schwellen im Alter von 28 und von 90 Tagen vorgenommen wurden; sie bezweckten einerseits die Prüfung der Widerstandsfähigkeit der neuen Schwellen und deren Vergleich mit den italienischen Schwellen, anderseits die Feststellung geeigneter Übernahmsprüfungen und Lieferungsvorschriften.

Die Druckproben wurden auf der Martensschen Presse, die Biege- und die Scherproben auf der Amsler-Laffonschen Biegemaschine ausgeführt, die eine ungehinderte Formänderung der erprobten Schwellen ermöglicht, wodurch dieselben ganz ähnliche Verformungen und Brucherscheinungen aufwiesen wie die ins Gleis verlegten Schwellen. Es wurden zweierlei Biegeversuche vorgenommen. Der erste bezweckte die Ermittlung des Widerstandes des Schwellenteils unterhalb des Schienenauflagers, bei Beanspruchung durch positive Momente; der zweite Biegeversuch diente zur Erprobung des Mittelteils der Schwelle, bei Beanspruchung durch negative Momente; bei beiden Versuchen wurden die angreifenden Kräfte ganz allmählich bis zum Bruch gesteigert.

Die erste Biegeprobe ergab für die italienischen Schwellen je nach der Bauart und Bewährung der erprobten Abart ein Bruchmoment von 90000 bis 97000 kgcm. Während der Steigerung der angreifenden Kräfte stellten sich denen der Textabb. 2 ganz ähnliche, bleibende Formänderungen ein, die sich allmählich vergrößerten; bei 85% des Bruchmomentes (das ist bei 72000 bis höchstens 82000 kgcm) zeigten sich bereits Biegungspfeile, die bedeutend größer waren, als die größten Biegungspfeile, die an den ins Gleis verlegten Schwellen während der ganzen Beobachtungsdauer je festgestellt werden konnten.

Aus dem Vergleich der Formänderungen können wir folgern, daß das ungünstigste positive Moment, das die Verkehrslast bei den Schwellen der Versuchsstrecke verursacht hat, in seinen Wirkungen das Moment von 82000 kgcm wohl nahezu erreicht, aber nicht überschritten hat; daß also dieses Moment, bei einmaligem statischen Angriff, dem Momente mindestens gleichwertig ist, das die oft wiederholten dynamischen Beanspruchungen der Verkehrslast bei ungünstigster Auflagerung und Kraftübertragung (selbst bei Stoßschwellen) je ausgeübt haben. Das positive Größtmoment von 82000 kgcm beträgt das 2,05fache des oben für Auflagerungszustand I ausgewiesenen, rechnungsmäßigen Momentes von 40000 kgcm; dieses müßte demnach mit einem, alle vergrößernden Einflüsse enthaltenden Zifferwert vervielfacht in die Festigkeitsberechnung eingeführt werden.

Bei der zweiten Biegeprobe ergab sich für den Mittelteil der italienischen Schwellen ein Bruchmoment von 65000 bis 88000 kgcm; die bleibenden Formänderungen entsprachen denen der Textabb. 4. Bei etwa 80% des Bruchmomentes (das ist bei —52000 bis —70000 kgcm) konnten bereits Biegungspfeile beobachtet werden, die die von der Verkehrslast verursachten Biegungspfeile um ein Beträchtliches übertrafen: das Moment von —70000 kgcm entspricht demnach in seinen Wirkungen dem ungünstigsten negativen Moment der rollenden Last. Aus dem rechnungsmäßigen negativen Moment von —33000 kgcm ergibt sich für Zustand II die Vergrößerungsziffer zu 2,12; für die beiden in Betracht gezogenen Auflagerzustände kann demnach ein mittlerer Zifferwert von 2,1 der Berechnung der äußeren Momente und Kräfte zugrunde gelegt werden.

Da diese Vergrößerungsziffer aus den Formänderungen der ins Gleis verlegten Schwellen ermittelt wurde, hat er nur für Bettungsverhältnisse Gültigkeit, die denen der Versuchsstrecke gleichen; bei einer härteren, durch eine höhere Bettungsziffer gekennzeichneten, etwa aus grobkörnigem Bruchschotter bestehenden Bettung, ist eine etwas größere Stoßziffer zu erwarten, einerseits weil die gleichen dynamischen Kräfte (bei einer kleineren Einsenkung der Schwelle) einen größeren Stoßdruck ausüben; andererseits weil sich bei ungleichmäßiger Unterstopfung, oder wenn größere Schottersteine vorhanden sind, in der Bettung widerstehende Stellen (Pfeiler) bilden, die die Schwelle in einer Bettung mit großer innerer Reibung nicht wegdrücken kann, auf denen sie also aufliegt; befinden sich solche Auflagerpunkte an ungünstigen Stellen, so können dadurch recht große Momente und Scherkräfte entstehen.

Werden bei der Bemessung der Schwellen die äußeren Kräfte derart vergrößert in die Rechnung eingeführt, so können demgegenüber die zulässigen Eisenzugspannungen — unseres Erachtens — bis zur Proportionalitätsgrenze erhöht werden, die bei kleinen Eisendurchmessern etwa 1900 bis 2000 kg/cm² beträgt. Eine derartige Bemessung sichert den Schwellen wohl noch nicht die Rißfreiheit; doch sind die etwa vorkommenden Risse belanglos, weil sie — wie dies unsere späteren Beobachtungen bestätigen — federnd schließen und sich auch im Laufe vieler Jahre nicht vergrößern.

Bei den Festigkeitsversuchen, die wir mit den Schwellen unserer Bauart 1916 vornahmen, ergab sich bei der 90 Tage alten Schwelle die Biegungsfestigkeit in Schwellenmitte um 120%, unter dem Schienenauflager um 80% größer, der Widerstand gegen Scheren um 40% größer als bei den bestbewährten Abarten der italienischen Bauarten 1905 und 1906, und zwar im Alter von $5\frac{1}{2}$ Jahren.

Außer dieser stärkeren mit Längseisen von 10 mm Durchmesser bewehrten Abart haben wir für 14,5 t Achsdruck eine schwächere Abart mit denselben Abmessungen, aber Eisen-

einlagen von 8 mm Durchmesser, entworfen, deren Biegungsfestigkeit sich im gefährlichen Querschnitt der Schwelle, unter dem Schienenauflager, immer noch um etwa 26 % höher ergab, als die der besten italienischen Schwellen.

Unsere Lieferungsvorschriften schreiben beim Zement eine Mindestdruckfestigkeit von 450 kg/cm² und eine Mindestzugfestigkeit von 32 kg/cm² nach 28 Tagen vor, ferner eine Betonmischung, die mindestens 400 kg Zement auf 1 m³ gebrauchfertigen Beton enthält. Die Mindestdruckfestigkeit des Betons von derselben Beschaffenheit, wie er zur Verwendung kommt, muß nach 28 Tagen bei erdfeuchtem Beton 240 kg/cm², bei weichem Beton 220 kg/cm² betragen; in beiden Fällen ist beim Verlegen der Schwellen im Alter von 90 Tagen eine Würfelfestigkeit von mindestens 275 kg/cm² zu erwarten, die wir als genügend erachten.

Als Zuschlagstoffe werden nur Flußsand und Flußkies von höchstens 15 mm Korngröße verwendet, nachdem sich Quetschsande und Bruchschotter sowohl bei den Würfelproben, als bei den Festigkeitsversuchen mit der gebrauchfertigen Schwelle als viel weniger geeignet erwiesen haben. Das Raumverhältnis der Korngrößen von weniger als 3 mm und von mehr als 3 mm, muß durch Absieben des natürlichen Sandkiesgemenges festgestellt werden; es darf nicht weniger als 0,4:1 und nicht mehr als 0,6:1 betragen.

Die Ausschalungsfristen sind, der Lufttemperatur und der Luftfeuchtigkeit entsprechend, genau geregelt. Die Schwellen müssen nach der vorsichtigen Entfernung der Formen sechs Tage lang mit ständig feucht gehaltenem Sand bedeckt, unberührt lagern; diese Frist kann auf vier Tage verkürzt werden, wenn der Beton nach vier Tagen bereits eine Würfelfestigkeit von 160 kg/cm² erreicht hat. Hierauf können die Schwellen vorsichtig aufgestapelt werden, müssen aber noch weitere 22 Tage lang gegen Wind und Sonnenstrahlen geschützt und durch häufiges Begießen gegen das Austrocknen gesichert werden. Erst 90 Tage nach ihrer Herstellung dürfen die Schwellen ins Gleis verlegt werden.

Die derart festgesetzten Ausschalungs- und Lagerfristen können bei Verwendung frühhochfester Zemente erheblich abgekürzt werden; Versuche, die wir nach dieser Richtung mit dem Tataer Bauxit-Zement in jüngster Zeit vorgenommen haben (über die an anderer Stelle, S. 376 dieses Heftes, berichtet wird) lassen erwarten, daß bei Verwendung dieses Zementes die Hälfte oder ein Drittel der Fristen genügen wird, die bei Schwellen aus hochwertigen Portlandzementen derzeit vorgeschrieben sind.

Im Herbst 1916 verlegten wir 30 Stück Schwellen unserer Bauart 1916 im Alter von vier Monaten in die Versuchsstrecke. Die Schienenunterlegplatten wurden durch Abhobeln nach oben gekrümmt gestaltet, wodurch eine vollkommen zentrische Kraftübertragung auf die Schwelle und eine gleichmäßige Belastung der Bettung erreicht wird; ferner wurde zwischen Unterlegplatte und Schwellenoberfläche eine schwache Zwischenlage aus getränktem und gepreßtem Holz eingefügt. Der Zustand der Schwellen war nach 10jähriger Beobachtungsdauer tadellos; abgesehen von bedeutungslosen, schwächeren Zugrissen, die sich bei fast allen Schwellen unterhalb des Schienenauflagers vorfinden und die, von der Unterfläche der Schwellen ausgehend, etwa 3 bis 6 cm hoch hinaufreichen, sind die Schwellen ganz unversehrt; insbesondere blieb die Oberfläche — wie dies zur Vermeidung etwaiger Einwirkungen des Frostes angestrebt wurde — vollkommen rissefrei.

Um den Verlauf der Risse beobachten zu können, wurden die Seitenflächen der Schwellen durch Ausräumen der Bettung jährlich ein- bis zweimal freigelegt; anläßlich dieser Besichtigungen konnte festgestellt werden, daß sich die Risse seit ihrem ersten Auftreten weder erweitert noch verlängert hatten. Als die Schwellen, nachdem sie acht Jahre im Gleis gelegen hatten, zur genauen Untersuchung der Risse aus dem Gleis genommen wurden, schlossen die Risse, infolge der Federkraft der Eiseneinlagen, vollständig und waren mit unbewaffnetem Auge kaum mehr sichtdar.

Übrigens lassen unsere neueren Versuche mit Schwellen aus Bauxit-Zement erwarten, daß bei Verwendung von Zementen mit hohen Zugfestigkeiten sich selbst diese belanglosen Risse nicht mehr zeigen werden; denn anläßlich der Festigkeitsproben mit gebrauchsfertigen Schwellen aus Bauxit-Zement konnten wir sowohl bei den Biege- als den Scherversuchen feststellen, daß das Erscheinen der ersten Risse bei höherer Laststufe erfolgte, als bei den Schwellen aus Portland-Zement.

Das zufriedenstellende Verhalten der Probeschwellen veranlaßte die k. ung. Staatsbahnen zur Anschaffung von etwa 100000 Schwellen unserer Bauart 1916, die von 1921 bis 1925 im Eigenbetrieb hergestellt und hierauf ins Gleis verlegt wurden. Von dieser beträchtlichen Anzahl sind im Verlauf von 6½ Jahren bis Ende 1927, nur 27 Stück unbrauchbar geworden; es sind dies ausschließlich Stoßschwellen unter Schienen, deren Enden starken Verschleiß zeigten und daher außergewöhnlich große dynamische Wirkungen in den Stoßschwellen verursachten.

Die Eisenbahnanlagen des Budapester Handels- und Industriehafens.

Von **Eugen Dörre**, Dipl.-Ing., Inspektor.

Nach Beendigung des Krieges hatten sich die Verhältnisse, wie auf anderen Gebieten, so auch im Eisenbahn- und Wasserverkehr bedeutend geändert.

In der Vorkriegszeit hatte der 3,1 Millionen Tonnen (Jahresmaximum 1911) betragende Wasserverkehr der Haupt- und Residenzstadt Budapest unter den Donauhäfen den ersten Platz eingenommen; im Jahre 1919 erlosch er fast gänzlich.

In Zusammenhang mit dem langsamen Aufschwung des Wirtschaftslebens entfaltete sich auch dieser Verkehr allmählich wieder günstiger und erreichte im Jahre 1927 mehr als zwei Millionen Tonnen.

Es sei bemerkt, daß nicht nur die Menge, sondern auch die Gattung der beförderten Waren sich vollkommen geändert hat.

Während nämlich im Budapester Wasserverkehr im Jahre 1911 der Getreide- und Mahlproduktenverkehr 1,3 Millionen Tonnen betragen hatte, erreichte er im Jahre 1927 nur 270000 Tonnen.

Hingegen stieg die Menge des Mineralöles von 7000 auf 34000, die der Holzwaren von 30000 auf 67000, die der Kohle und anderer Heizstoffe von 6000 auf 350000 und des früher nur auf Achse beförderten Salzes auf 50000 Tonnen.

Der Wasserverkehr Budapests entwickelte sich also nach dem Kriege mannigfaltiger.

Es entfaltete sich außerdem auch ein reger Umschlagverkehr.

Während der Umschlag in der Vorkriegszeit im Jahresdurchschnitt nur 150000 Tonnen betragen hatte, macht er heute bereits das dreifache aus.

Budapest war für den Umschlagverkehr nicht in genügendem Maße eingerichtet, da von den 11 km langen Ladeufern nur annähernd 2 km mit Eisenbahngleisen versehen waren.

Die nach dem Kriege eingetretenen politischen Veränderungen hatten Rumpf-Ungarn nur die Donau als einzigen Freiverkehrsweg gelassen. Schließlich mußte auch erstrebt werden, den Wettbewerb der umzingelnden Nachbarstaaten zu bekämpfen.

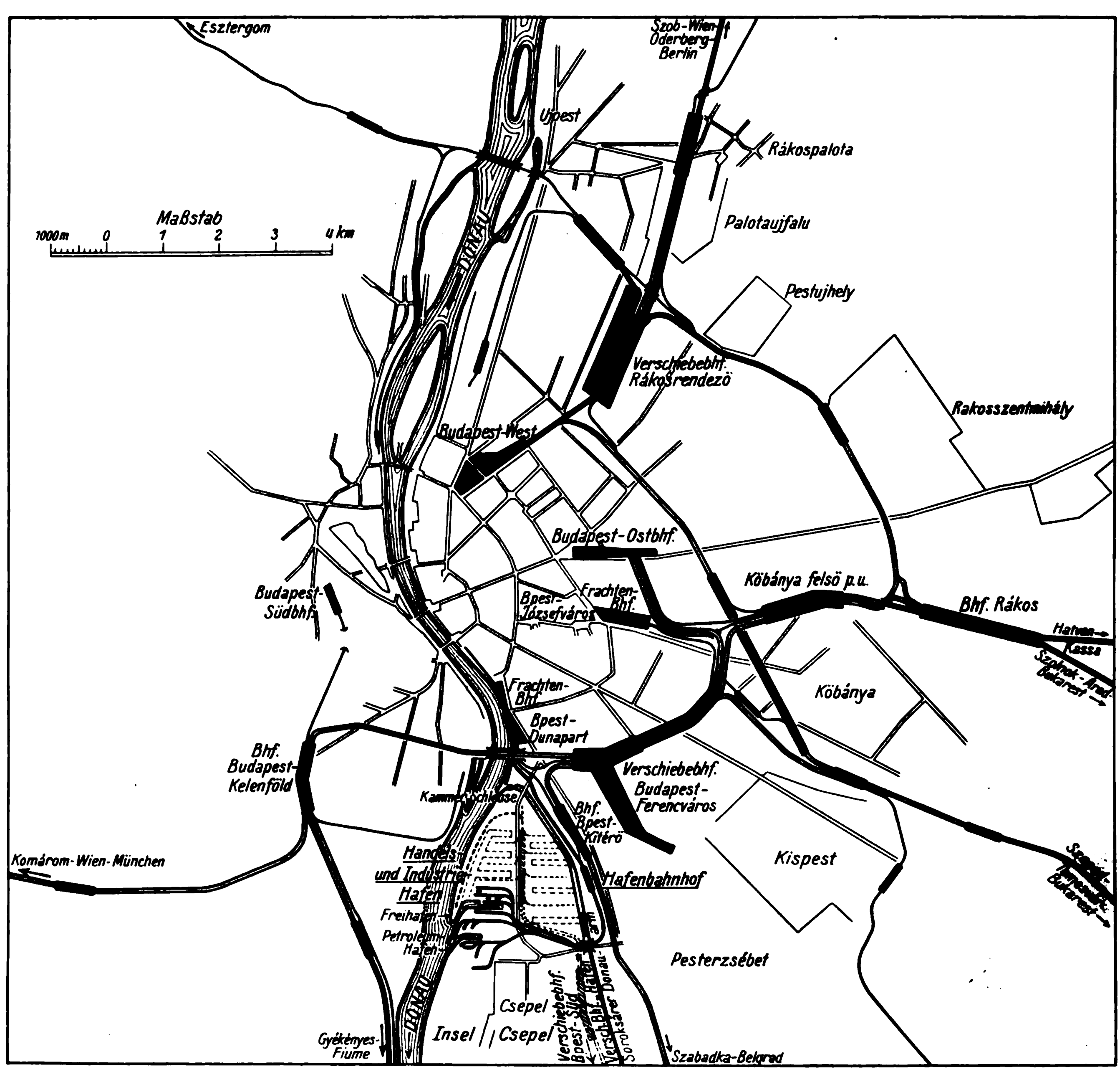
Alle diese Umstände bewogen die zuständigen leitenden Stellen des Landes dazu, die schon vor dem Kriege begonnenen Vorarbeiten des Budapester Handels- und Industriehafens mit großer Kraft fortzusetzen und den Hafen planmäßig in einer den Bedürfnissen entsprechenden Reihenfolge auszubauen.

Einen gewaltigen Anstoß gab den Bauarbeiten der Umstand, daß die ungarische Regierung im Jahre 1922 zur Leitung der Geschäfte und zur Ausführung der Arbeiten ein selbständiges Regierungskommissariat errichtete.

Das Regierungskommissariat erwarb zunächst die nördliche Spitze der südlich von Budapest gelegenen Csepeler Insel in einer Flächenausdehnung von 700 ha, entwarf den Plan des Hafens und arbeitete im Verein mit den k. ung. Staatsbahnen das Projekt der Eisenbahnanlagen des gesamten Hafens aus.

Die allgemeine Anordnung und die Lage des Budapester Handels- und Industriehafens, sowie dessen Anschluß an die Gleise der k. ung. Staatsbahnen ist aus der beistehenden Abbildung ersichtlich. Der punktierte Teil bezieht sich auf die späteren Erweiterungen.

Der Handels- und Industriehafen wird nach vollkommenem Ausbau aus zwei Reihen von Hafenbecken bestehen. Die eine mündet in den freien Hauptarm der Donau, die andere wird durch den abgesperrten Soroksárer Donauarm gespeist, der durch eine Schiffschleuse vom Freistrome zu erreichen ist.



Lageplan der Bahnhöfe, Bahnlinien und des Handels- und Industriehafens zu Budapest.

Der Soroksárer Donauarm hat einen beständig gleich hohen Wasserstand.

Der Wasserspiegel der in die Donau mündenden Hafenbecken ist natürlich veränderlich und es mußte in Anbetracht dieses Umstandes die Uferhöhe nach dem größten Hochwasser bemessen werden.

Auf dem linken Ufer des Soroksárer Donauarmes wird der Ferencvároser Lokalhafen gebaut.

Auf der Inselspitze im inneren Hafengebiet zwischen den beiden Beckenreihen wird in nordsüdlicher Richtung der

innere Hafenbahnhof Platz finden. Dieser Bahnhof wird die inneren Wagenbewegungen ermöglichen, er nimmt die schon geordneten Wagenreihen auf und wird zur Aufstellung der den Hafen verlassenden Eisenbahnwagen benützt.

Die Molen zwischen den Hafenbecken werden den Bedürfnissen entsprechend mit Schleppgleisen und mit Zufahrgleisen versehen, die zu den einzelnen Bedienungsplätzen führen.

Der am linken Ufer des Soroksárer Donauarmes zu bauende Ferencvároser Lokalhafen wird dem Bauplan gemäß von dem im Zuge der Budapest—Szabadka—Belgrader Hauptlinie zu erstellenden Hafenbahnhof aus bedient.

Der Hafenbahnhof wird teilweise auch als Verschiebebahnhof für die umliegenden Hafenteile dienen, also für die am linken Donauarm in nord-südlicher Richtung sich erstreckenden Lagerhäuser und der dorthin geplanten Großmarkthalle.

Die auf der Inselspitze gelegenen Hafenteile und den vorerwähnten Ferencvároser Lokalhafen wird eine über den Donauarm zu erbauende Eisenbahnbrücke miteinander verbinden.

Alle diese großzügigen Einrichtungen sind zur Zeit noch nicht erforderlich; daher wurden nur die zur Zeit nötigsten Anlagen ausgeführt.

So wurde das in die Donau mündende zollfreie Hafenbecken, das Petroleumbecken sowie ein Teil des am linken Ufer des Soroksárer Donauarmes gelegenen Ferencvároser Lokalhafens gebaut.

Die bahnseitige Bedienung dieser Hafenbecken und Hafenteile geschieht von dem Verschiebebahnhof Ferencváros aus.

Zur Ermöglichung der bahnseitigen Bedienung wurde von der Station Budapest-kitérö zum Hafenbahnhof ein Verbindungsgleis gebaut. Der Hafenbahnhof besitzt derzeit nur vier Gleise.

Von diesem Hafenbahnhof führt ein Verbindungsgleis zu den auf der Inselspitze gelegenen Hafenteilen, das den Donauarm auf einer neuen Brücke überschreitet.

Dieses Gleis verzweigt sich auf der Insel und führt zu den Fabrikstätten der an den Petroleumbecken angesiedelten Unternehmungen, zu den Lagerhäusern des zollfreien Beckens und zu dem hier erbauten 52,5 m hohen, 35000 Tonnen fassenden, ganz neuzeitlich eingerichteten Getreidespeicher.

Den Hafenbahnhof verbindet ein längs des Soroksárer Donauarmes sich hinziehendes Gleis mit dem Güterbahnhof Budapest-Dunapart.

Die Hauptschleppgleise haben einen Mindesthalbmesser von 250 m. Der Mindesthalbmesser der Gleise für die Zwecke der inneren Bedienung und der Privatanschlußgleise beträgt 100 m.

Die Eisenbetonschwellen der kön. ungar. Staatsbahnen.

Von **Ludwig Ruzitska**, Dipl.-Ing., Inspektor.

Die ungarischen Staatsbahnen befaßten sich zuerst im Jahre 1908 mit der Frage der Eisenbetonschwellen.

Mehrjährige Studien und Versuche führten zu einer Eisenbetonschwellenform, die aus Abb. 1 ersichtlich ist und deren statische Berechnung in der Abhandlung des Oberinspektors Mendl ausführlich dargestellt wird (siehe S. 386 dieses Heftes).

Die Schwellen werden in Eisenformen im Schüttelverfahren erzeugt.

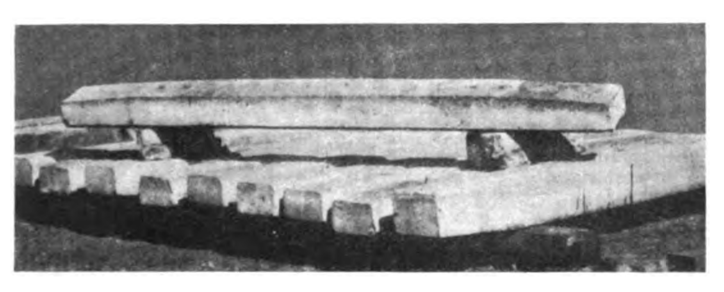


Abb. 1.

Der Weltkrieg gebot einen ungewollten Stillstand in der Herstellung dieser Schwellen, aber der große Holzmangel des heutigen Ungarn drängte zur raschen Wiederaufnahme ihrer Anwendung.

Bezeichnend für die Armut des Landes an Holz mag die Angabe sein, daß das frühere „Groß-Ungarn“ 7275000 Hektar Waldung verzeichnen konnte; das heutige Ungarn besitzt dagegen bloß 1056000 Hektar Wald, somit kaum 15% des früheren Bestandes. Zudem fielen gerade die rodungsreifen Waldungen auf das abgetrennte Gebiet, so daß heute das Land gezwungen ist, im Gegensatze zur Vorkriegszeit, Holz einzuführen.

Bis zum Jahre 1925 sind insgesamt 94000 Betonschwellen verlegt worden, und zwar in die verschiedensten Strecken, um ihr Verhalten in großem Umfang und bei verschiedenster Inanspruchnahme beobachten zu können.

Es wurden sogar Eisenbeton-Einzelschwellen zwischen Holzschwellen verlegt. Dieser Versuch mißlang allerdings, wie leicht vorauszusehen war.

Nach dem Einbau der ersten 94000 Betonschwellen ist in der Erzeugung eine anderthalbjährige Pause eingetreten, aber seit 1927 ist die Erzeugung der Schwellen in eigenem Betriebe in vollem Gange.

Gegenwärtig werden täglich an 130 bis 150 Stück hergestellt.

Die Schwellen werden in Budapest am Donauufer hergestellt, woselbst der Flußkies zu billigsten Preisen zu gewinnen ist.

Die bisherigen Erfahrungen fassen wir wie folgt zusammen:

Als günstiger Bettungsstoff hat sich kleinkörniger Steinschlag (2 bis 4 cm) erwiesen. Falls der Schotter zu grobkörnig ist, kann er mit Schlacke vermischt werden. Wir haben Streckenteile, wo Betonschwellen versuchsweise in Schlacke verlegt wurden und die Erfahrungen sind nicht ungünstig; allerdings muß die Schlacke ausgebrannt sein.

Die Betonschwellen liegen auch sehr gut, selbst in schärferen Bögen. So liegt z. B. seit 1922 eine Versuchsstrecke in einem Bogen, dessen Halbmesser 275 m beträgt. Es zeigte sich, daß das Gewicht der Betonschwellen dem Gleis eine größere Standsicherheit verleiht.

Ausgedehnten Gebrauch von Betonschwellen machten wir bei den Entschlackungsstellen ohne Feuerreinigungsgruben, wo früher die Holzschwellen häufig verbrannten.

Eine Möglichkeit, verletzte Eisenbetonschwellen wieder gebrauchsfähig zu machen, besteht darin, daß der ausgebröckelte Beton vollständig entfernt und wenn nötig mit Sandgebläse gereinigt wird. Dann wird der fehlende Betonteil nach dem Zement-Gun-Verfahren in einer Form ergänzt. Das neue Stück verbindet sich dabei genügend fest mit dem alten Schwellenteile.

Von den bisher verlegten Schwellen wurde nur eine unbedeutende Anzahl ausgebaut.

Bei allen bisherigen Schwellen dienen zur Aufnahme der Schienenschrauben Holzklötzchen in Form von abgestumpften Pyramiden (50 × 60 auf 70 × 80 mm bei 150 mm Höhe), die gewöhnlich aus Eichenholz hergestellt und getränkt sind.

Das Auswechseln dieser Klötze auf freier Strecke läßt sich durch geübte Arbeiter binnen 3 bis 4 Minuten vollführen.

Die Erfahrungen mit den Holzklötzchen sind zufriedenstellend.

Als elastische Zwischenlagen zwischen Unterlegplatte und Beton bewährten sich noch am besten gepreßte Pappelholzplättchen, die vor Gebrauch noch geteert werden.

Abb. 2 stellt die Zusammensetzung der Eisenbetonschwellen nach Gewichtsprozenten dar. Die Herstellungskosten bewegen sich zwischen 7,7 und 8,8 Mark, je nach den 8 oder 10 mm starken Eiseneinlagen. Der Geldwert der benötigten Baustoffe und ihr Verhältnis ist ebenfalls aus Abb. 2 ersichtlich.

Da die Eisenbetonschwellen sich sowohl wirtschaftlich, wie auch technisch den Verhältnissen angemessen gut bewährt haben, halten wir bei uns eine noch ausgiebigere Anwendung erstrebenswert. Auch halten wir unsere jetzige Form selbstredend nicht für das erreichbare Beste, sondern arbeiten an ihrer weiteren Entwicklung.

Neuerdings werden Versuche mit Eisenbetonschwellen veränderlichen Querschnittes durchgeführt. Wir erwarten von ihnen ein besseres Kräftespiel und bessere Werkstoffausnützung, da diese Schwellen schon durch ihre Form weniger den Gefahren des Aufreitens ausgesetzt sind und auch mit Bezug auf die Betonzugspannungen eine entsprechendere

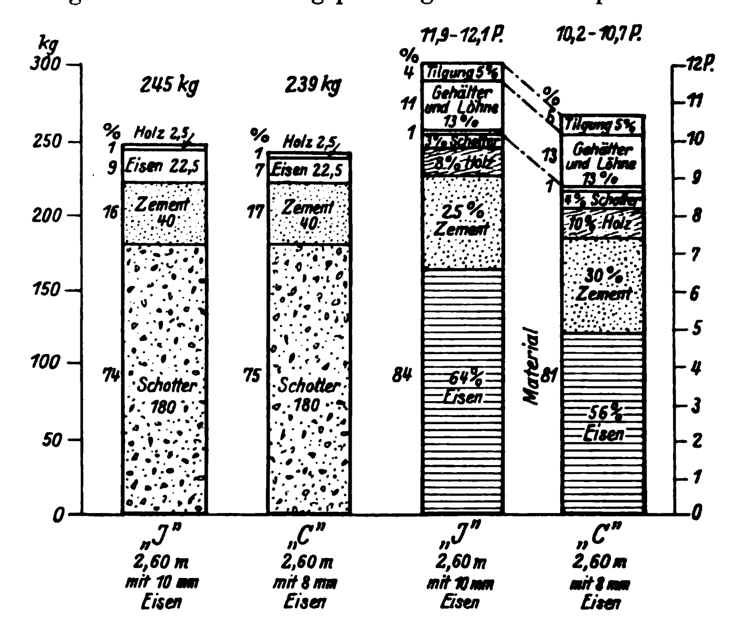


Abb. 2. Eisenbetonschwellen der k. ung. Staatseisenbahnen.

Stoffverteilung aufweisen. Diese Versuche befinden sich noch im Anfangsstadium.

Schienenschweißungen bei den ungar. Vollbahnen.

Von **Ludwig Ruzitska**, Dipl.-Ing., Inspektor.

Das Bestreben, die Anzahl der Schienenstöße zu vermindern und die altbrauchbaren kürzeren Schienen noch nützlich zu verwenden, führte in Ungarn schon früh zu Versuchen mit Schienenschweißungen.

Geschichtliches, aber auch gewiß technisches Interesse bieten die ersten Schweißungen in Ungarn, die bald nach der Erfindung der Thermitschweißung ausgeführt wurden, und noch heute tadellos im Gleise liegen. Auf der Linie Szeged—Nagyvárad, auf einer Theißbrücke bei Algyö befinden sich diese vier Schweißungen seit 1902 und stehen somit 27 Jahre unter lebhaftem Verkehr. Unseres Wissens ist das die älteste, auf freier Strecke liegende Schweißung. Es seien hier kurz jene Umstände erwähnt, die diese in der Erinnerung festzuhaltende Schweißung veranlaßten.

Die Theißbrücke bei Algyö ist 450 m lang und hat acht Öffnungen. Wie aus Abb. 1 ersichtlich ist, ist ein Träger von 20 m Stützweite als Hubbrücke ausgestaltet. Die Schienen, die auf dieser Öffnung liegen, sind an ihren Enden mit Auflauflaschen versehen, welche mit diesen bloß verschraubt sind. An die Schienen des unbeweglichen Teiles schmiegen sich die Laschen nur in den Ausschnitten derselben an. Diese Schwächung (Abb. 2) forderte an sich eine schwerere Schienenform und es wurde so in der aufhebbaren Öffnung und daran eine Schienenlänge anschliessend, die 42,8 kg schwere Schiene verlegt, während die übrigen Schienen 34,5 kg/m schwer sind. Die vier Schweißungen sind somit Schienenübergangsschweißungen. Näheres über diese Schweißungen läßt sich nicht mehr feststellen, da unsere ehemalige Betriebsleitung zu Arad auf abgetretenem Gebiet liegt.

Da Prof. Dr. H. Goldschmidt in Elberfeld das Thermitverfahren im Jahre 1899 zuerst bekanntgab, so stellt die Schweißung auf der Brücke zu Algyö vom Jahre 1902 eine der ersten Schienenschweißungen dar und ist wahrscheinlich durch die Essener Fabrik selbst durchgeführt worden.

Ferner sollen als ältere Schweißungen erwähnt sein die im Jahre 1904 in den Einfahrtsgleisen der Station Budapest Ostbahnhof auf 48, 60 und 96 m Länge; die geschweißten Schienen liegen heute noch im Gleise. Die Wärmedehnung wurde durch Ausziehvorrichtungen gesichert.

Nach längerer Pause wurde bei den ung. Staatsbahnen erst im Jahre 1923 wieder geschweißt, als die Elektrothermit-Gesellschaft probeweise einige Übergangsstellen schweißte. Erst im Jahre 1926 hub eine größere Tätigkeit auf diesem Felde an. Es wurden Übergangsstellen geschweißt, um die guten,

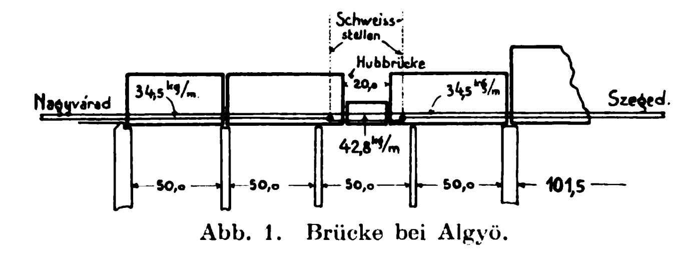


Abb. 1. Brücke bei Algyö.

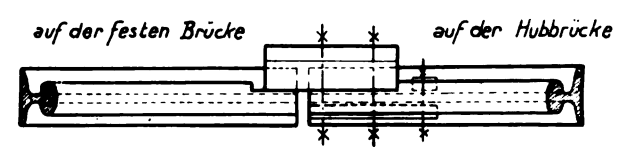


Abb. 2. Der Anschluß des Oberbaues bei der Hubbrücke.

aber kostspieligeren Übergangsstühle zu ersparen, ferner wurden zahlreiche wegen abgenützter Enden ausgebaute Schienen gekürzt, verschweißt und in Feldlängen von 22 m bis ausnahmsweise von 33 m Länge in die freie Strecke eingebaut. Die längste mit geschweißten Schienen verlegte Strecke ist die Nyiregyháza-Záhonyer, in der die Gesamtlänge der geschweißten Gleise rund 35 km beträgt.

In kleinerer Anzahl sind versuchsweise auch neue Schienen geschweißt worden. Was die Schweißung von Langschienen anlangt, so müssen zuvor die theoretischen Arbeiten von van Brockman, Nemčsek und Wattmann erst aus-

gewertet werden, so daß die verschiedenen Widerstände gegen Gleis- und Schienenverschiebungen für die einzelnen Oberbauarten zuverlässig bestimmt werden können.

Die Ausführung der Schweißungen geschieht in Ungarn ausschließlich nach dem kombinierten Verfahren der Elektro-Thermitgesellschaft. Die Anwendung zweier Schweißblecheinlagen wird möglichst vermieden. Gebrauchte Schienen werden an beiden Enden um je 50 cm gekürzt.

Außer den ung. Staatsbahnen schweißten auch einige Privatbahnen auf freier Strecke, so die Szeged-Csanáder und die Donau-Save-Adria-Bahn. Die ersterwähnte verschweißte altbrauchbare kurze Schienen schwachen Profils bis zu 45 und 60 m Länge über mehrere Kilometer hindurch mit gewöhnlichen Laschen, bei der üblichen, ungetrennten Schienenbefestigung auf Holzschwellen, einseitig mit Kies bedeckt. Bisher wurden keine Nachteile wahrgenommen.

Auf dem Gebiet des Schweißens ist auch unserer Meinung nach nur ein behutsames Vorwärtsschreiten angebracht, da jeder Rückschlag die Vorteile in Frage stellt, welche man mit Fug und Recht vom Schweißen erwartet.

Sicherungsarbeiten an der Balaton-(Plattensee-)Bahn.

Von Oberingenieur **Josef Laky** auf Grund der Aufzeichnungen des Oberinspektors **A. Hoffmann** †.

Hierzu Tafel 27.

An der Nordostküste des Balatons, an der Linie Budapest—Börgönd—Tapolca der k. ung Staatseisenbahnen zwischen den Stationen Balatonkenese und Balatonalmádi trat im Mai 1914 ein umfangreicher Bergsturz auf, der nicht nur die Verlegung des verschütteten Streckenteiles nach sich zog, sondern auch nach dem Ergebnis einer weitgehenden geologischen Durchforschung des Geländes Sicherungsarbeiten an dem Bahnkörper erforderte, die sich auf 4 km Länge erstreckten.

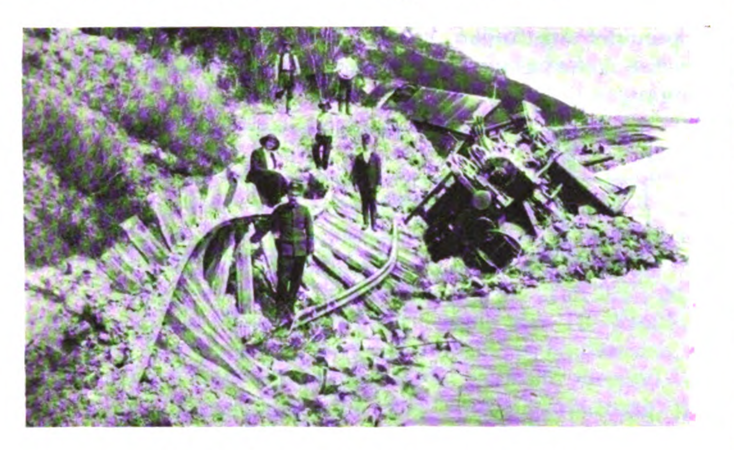


Abb. 1. Erdrutschung am Plattensee.

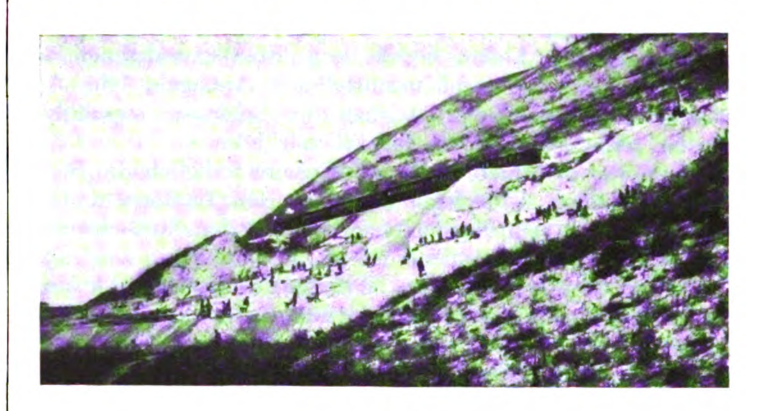


Abb. 2.

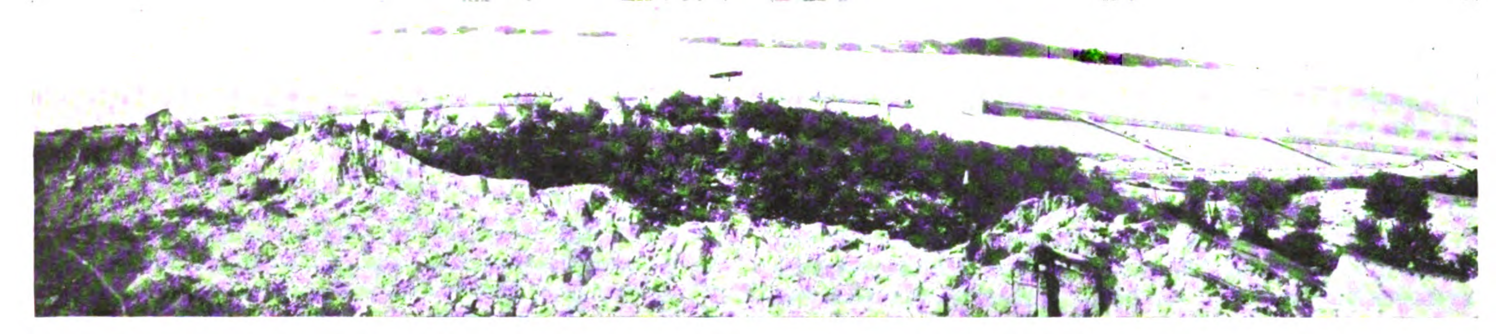


Abb 3. Bau des Steindammes in den Plattensee.

Bezüglich der Masse der Rutschungen sei angeführt, daß in 250 m Länge etwa 500000 m³ Erde in Bewegung kamen, daß diese Mengen den Eisenbahndamm teils verschütteten, teils unter der Wucht der nachstürzenden Massen zerstörten, indem der Damm gegen den See gedrängt wurde, so daß der Oberbau wie dünner Draht verbogen wurde (Textabb. 1). Einige Sekunden vor dem Bergsturz näherte sich dieser Stelle ein Personenzug, dessen Führer die Anzeichen der beginnenden Rutschung richtig erfaßte und den Zug noch im letzten Augenblick anhielt. Zum Zurückweichen war aber schon keine Zeit mehr: die Lokomotive, der Tender und ein Personenwagen wurden von den Erdmassen gepackt und umgeworfen, den Reisenden und dem Zugpersonal gelang es aber doch, sich rechtzeitig zu bergen.

Die Masse der Rutschung kann man aus Textabb. 2 ermessen (die Aufnahme ist während der Wiederherstellungsarbeiten gemacht).

Beim Beginn der Wiederherstellungsarbeiten ist man davon abgekommen, die ursprüngliche Linienführung beizubehalten, da dies in kurzer Zeit nicht zu leisten gewesen wäre; der Bahnkörper wurde an dieser Stelle auf einen in dem See gebauten Steindamm von 20000 m³ Inhalt verlegt, der in 25 Tagen errichtet wurde (siehe Textabb. 3).

Als Ursache der Rutschung wurde — wie aus Abb. 1, Taf. 27 erhellt — der Umstand erkannt, daß an dieser Stelle die Gleichgewichtsverhältnisse der sich bis zu 70 m über dem Balaton erhebenden Uferpartien schon vor Errichtung der Eisenbahnlinie gestört waren. Der Abhang ruhte nämlich an einer Lehmschicht, deren Oberfläche durch eingesickerte Wässer durchweicht war und in weiterer Folge nicht mehr standhalten konnte.

Der neuerrichtete Steindamm verlangte keine besonderen Schutzmaßnahmen, man begnügte sich nur mit dem Abgleichen

der in Dammnähe gerutschten Erdmassen. Die beiderseitigen Flügel des Bergsturzes wurden aber mit kräftigen Sickerungen versehen; ferner wurde dafür Sorge getragen, daß die entstandenen Trichter aufgefüllt wurden.

Nun wurde die ganze nordöstliche Uferstrecke des Balatons einer eingehenden technischen und geologischen Prüfung unterworfen, die erkennen ließ, daß es außer der Unfallstelle noch mehrere Punkte gibt, wo Störungen zu befürchten sind (s. Tafelabb. 2). Es konnte durch Bohrungen festgestellt werden, daß sich das Grundwasser an mehreren Stellen ansammelt, ohne einen richtigen Abfluß zu finden, wobei noch die Ufergestaltung mit ihren steilen Abhängen warnend auf labile Gleichgewichtszustände wies. Zur Abhilfe wurden zwei Maßnahmen getroffen:

1. Man baute leicht kontrollierbare Entwässerungsanlagen. Der Querschnitt einer nahe der Unfallstelle errichteten Anlage ist aus der Tafelabb. 2 ersichtlich. Aus Tafelabb. 3 erkennt man auch die Lage der wasserführenden Schicht und den beobachteten Wasserstand. Die Anlage ist so bemessen, daß man die Betonrohre begehen kann; hierzu sind Steiglöcher und Luftschächte vorgesehen und wo nötig auch Abzweigungen.

2. Man war sorgfältig darauf bedacht, die mäßig ansteigenden Böschungen der Ufer mit Rasen oder Akazien zu bepflanzen, ferner steilere Böschungen dergestalt abzutragen und abzuflachen, daß die Saumlinie des Querschnitts parabolisch verlaufe. Diese Gestaltung der Böschung ermöglichte einen vollkommenen Massenausgleich zwischen Schüttungs- und Abtragungsmengen innerhalb des Querschnitts. Diese Art der Sicherung wurde überall angewendet, wo Störungen erwartet werden konnten; tatsächlich stellte sich in der Folge heraus, daß durch diese Vorkehrungen die Rutschungsgefahr vollkommen behoben ward.

Dies ist der schönste Beweis, daß die Maßnahmen, die der Bauleiter, Ingenieur Oberinspektor A. Hoffmann traf, richtig erfaßt und durchgeführt waren. Eine darüber in der Nachlassenschaft Hoffmanns vorgefundene, noch nicht abgeschlossene Studie wurde vom Ungarischen Ingenieur- und Architektenverein preisgekrönt.

Beiträge über Schienenwanderung und Wärmedehnung der Schienen.

Von **Eugen Jurenák,** Oberingenieur.

In Ergänzung der in den Heften 10/1928 und 9/1929 veröffentlichten Aufsätze des Verfassers kann noch folgendes berichtet werden:

Da auf den Linien der k. ung. Staatseisenbahnen die Schienen z. Z. nur durch unmittelbares Annageln oder Anschrauben befestigt sind, können die Schienen verschoben werden, ohne daß sich die Schwellen rühren.

Ausnahmen bilden in dieser Hinsicht lediglich die Stoßschwellen, deren Unterlegplatten von den Laschen umfaßt werden, so daß sich die Schienen nur mit den Stoßschwellen zusammen bewegen können.

Schon hieraus geht hervor, daß auf den Linien der k. ung. Staatseisenbahnen gegen die Schienenwanderung — bekanntlich eine der schädlichsten Erscheinungen am Eisenbahnoberbau — ein rastloser Kampf geführt werden muß, der vor der allgemeinen Einführung der versuchsweise bereits angewendeten Spannplatten voraussichtlich auch nicht enden wird.

Aus dem Umstande, daß die Stoßschwellen verschoben und verdreht werden, geht hervor, daß zur Hintanhaltung der Schienenwanderung der Widerstand zweier Schwellen auf ein Schienenfeld ungenügend ist. Es müssen also auch noch Mittelschwellen dazu herangezogen werden.

Vorwiegend sind Wanderstützen der Bauart Rambacher eingebaut. Bei Anwendung der Urform wirkt jedoch nachteilig, daß die Stütze nur mit dem kürzeren wagrechten Aste nach vorwärts angebracht werden kann (Abb. 1). Dies hat zur Folge, daß die Stützen — falls das Wandern beider Schienenstränge in gleicher Richtung ist — auf einem Schienenstrang der Gleisachse zugekehrt sind, auf dem anderen Strange nach außen zu liegen kommen: der Urausführung entsprechend rechterseits der Schienen (Abb. 2). Hiernach ist leicht begreiflich, daß bei dieser Anordnung in der Draufsicht die beiderseitigen Stützen auf die Gleisachse bezogen ungleichen Hebelarm haben. Der größere Nachteil besteht jedoch darin, daß in den Fällen, wo sich die Wanderrichtung umkehrt (was auf unseren eingleisigen Strecken als Wirkung tiefgehender Veränderungen der Verkehrsverhältnisse bereits einige Male wahrgenommen wurde), die Wanderstützen ausgebaut und auf der anderen Seite der Schienen und Schwellen von neuem eingezogen werden müssen. Selbstredend wirkt dies auf die Schraubengewinde äußerst schädlich. Aus diesem Grunde wurden auf meinen Vorschlag beide wagrechte Äste der Stützen mit dem kürzeren Ast der Urform gleichlang gemacht (Abb. 3). Die dadurch entstandene allgemeine Verkürzung des wagrechten Teiles der Stütze gab zu keinerlei Anständen Anlaß. (Die Lösung der Frage durch teilweise Anfertigung „linksseitiger" Stützen wurde absichtlich übergangen.)

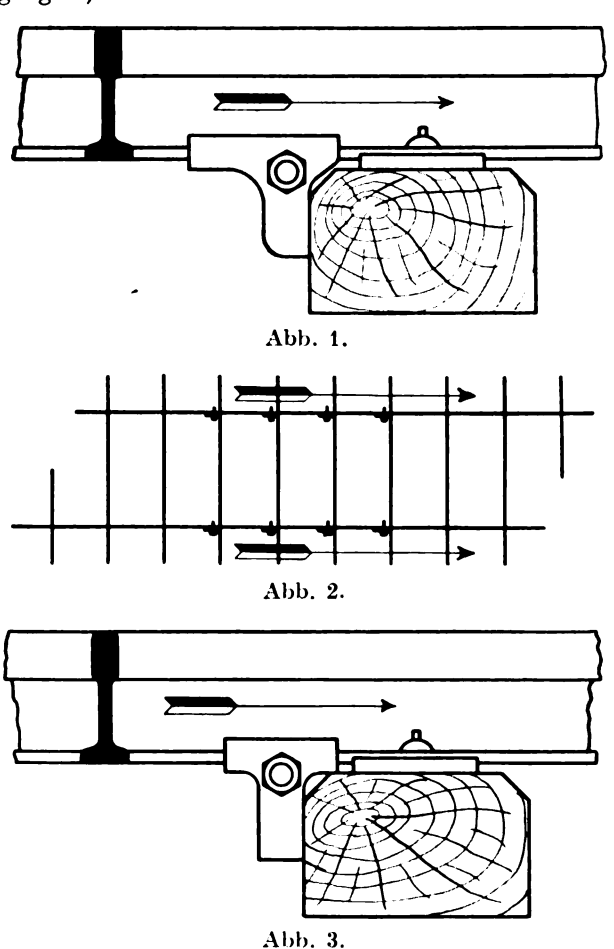


Abb. 1.

Abb. 2.

Abb. 3.

Die gleichteilige Form (Abb. 3) hat den Vorzug, daß sie je nach Belieben auf der einen oder anderen Seite der Schienen angebracht werden kann (Abb. 4).

Die Anzahl der Wanderstützen für das Schienenfeld wird nach der Geschwindigkeit der Bewegung (Verschiebung im Verlaufe eines Jahres) bemessen.



Zur Beurteilung der großen Bedeutung, die hierorts der Schienenwanderung beigemessen wird, dient die Wahrnehmung, daß die Gefahr der Gleisverwerfung im Gefolge der Schienenwanderung entsteht, die Gleisverwerfung selbst also das Ergebnis des Zusammenwirkens von Schienenwanderung und Wärmedehnung ist. Ich erachte es als nötig, dies zu betonen, da die beiden Bewegungen dem Wesen nach doch grundverschieden sind: die erste ist eine beständig in derselben Richtung vorschreitende Bewegung, die zweite eine Pendelbewegung, deren Periode gerade in der wärmsten Jahreszeit die 24 Stunden des Tages umfaßt. Die behandelte Rollenverteilung konnte ich im Juli v. J. anläßlich eines Falles von Gleisverwerfung genau feststellen, wobei auch meine Theorie über die „Endlage" im Schienenwanderungsabschnitte („Gezogener" und „Gedrückter" Teil, vergl. Heft 9/1929, Seite 150, 151 usw.) bestätigt wurde. Die Verwerfung geschah ungefähr in der Mitte zwischen zwei wohlerhaltenen, für die Schienen als unverrückbare Punkte („A" und „B") anzusehenden, voneinander 1400 m entfernten Straßenübergängen. Die Schienen hatten 12 m Einzellänge und wogen 42,8 kg/m.

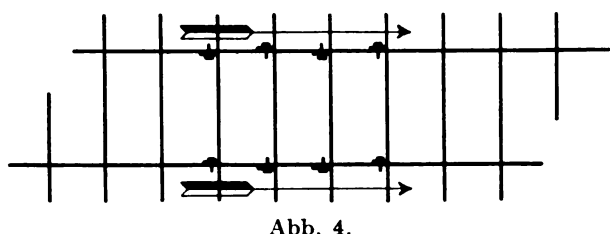


Abb. 4.

Bei „A" beginnend fand ich — in der Richtung der Schienenwanderung bei dem beständigen Wärmegrad + 34° C nach „B" fortschreitend — Fugen nur bei den ersten 12 Stößen vor und zwar im Durchschnittsmaße von 6,5 mm, also um 5,0 mm mehr als es hierorts für die Schienenlänge von 12 m bei +34°C vorgeschrieben ist (gezogener Teil). Nach der 12. Stoßfuge begann ohne Übergang der „gedrückte Teil": es fanden sich bis „B" überhaupt keine Stoßfugen mehr vor, die Gegend der Verwerfung ausgenommen, wo zur Aufrechterhaltung des Verkehrs je zwei Schienen zu 12,00 m gegen solche von 11,93 m ausgetauscht worden waren; die dabei entstandenen Breschen waren einstweilen nur näherungsweise in nächster Nähe verteilt worden.

Die Übergangsstelle zwischen dem gezogenen und dem gedrückten Teil wurde also entgegengesetzt der Schienenwanderung verschoben, da der Wärmedehnung in der Wanderrichtung durch den festen Punkt „B" Einhalt geboten war (vergl. auch Heft 9/1929, Seite 151, Ende von Spalte 1). Die Verwerfung wurde also von der Schienenwanderung durch Schaffung des gedrückten Teiles — möglicherweise bereits im Frühjahr — vorbereitet, worauf nach jähem Ansteigen des Wärmegrades eine Erschütterung des Oberbaues genügte, die Wirkungslinie der in den Schienen entstandenen Spannungen ihrer achsialen Lage zu entrücken.

Wären die Schienen an ihren ursprünglichen Stellen verblieben, so daß sie die Wärmedehnung stets unabhängig voneinander, selbsttätig vollführen hätten können, so wäre das anläßlich der Untersuchung im gezogenen Teil vereinigt vorgefundene Gesamtmaß der Stoßfugen ($12 \times 6{,}5$ mm $= 78$ mm) auf dem ganzen Abschnitte AB verteilt geblieben und es wären Stoßfugen im Durchschnittsmaße von $\frac{78}{\frac{1400}{12}} = \frac{78}{116} = 0{,}67$ mm erschienen, welche Anordnung bei weitem noch nicht drohend gewesen wäre.

Einen ebenfalls lehrreichen, in der Geschichte unserer Strecken schier alleinstehenden Fall lieferte der verflossene ausnehmend kalte Winter: eine Gleisverschiebung als Folge der allzu niedrigen Lufttemperatur! In einer 91 m langen Kurve (r = 1000 m) einer eingleisigen Strecke schuf die Schienenwanderung einen ausgezogenen Abschnitt. Der Wärmegrad fiel beständig, wodurch die Schienenkette allmählig stärker angespannt wurde. Als die Lufttemperatur bis zu —32° C sank, verschob sich das Gleis in der Länge von rund 45 m langsam nach innen, ungefähr in der Mitte um ein Höchstmaß von 67 mm. Bei den Wiederherstellungsarbeiten wiesen die Laschenschraubenbolzen an den Grenzstellen durch die Zusammenziehung der Schienen starke Einnagungen auf.

Die letztbeschriebene Erscheinung lieferte einen Beweis dafür, daß unter Mitwirkung der Schienenwanderung auch die allzugroße Kälte verhängnisvoll sein kann. Man denke bloß an den Fall, wenn auf einer zweigleisigen Strecke das äußere Gleis an das innere Gleis heranrückt, wenn auch die Möglichkeit solch einer Verschiebung infolge der Festigkeit der Bahnmitte als gering bezeichnet werden kann.

Die beschriebenen zwei Fälle bekräftigten mich nur in meiner Grundauffassung, daß das Streben nach dem Festhalten der Schienen an den ihnen anläßlich der Verlegung angewiesenen Stellen Anfang und Ende der verkehrssicheren Erhaltung des Oberbaues ist, da dadurch der Keim zu den meisten Gleisverwerfungen unschädlich gemacht werden kann.

Neuartiger Weichenspitzenverschluß (Bauart Eicher).

Von Dipl.-Ing. **Otto Frank**, Oberinspektor der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Der in weiten Kreisen bekannte Hakenverschluß ist an den Weichen älterer Bauart der k. ung. Staatseisenbahnen nur auf umständliche, schwerfällige und daher recht kostspielige Art anzubringen, da die Längsplatten (h_1 und h_2 in der nachstehenden Abbildung) im Wege stehen. Außerdem würde auch in Anbetracht der größeren Zungenöffnung (188 + 70 = 258 mm) eine Umänderung des Weichenbockes notwendig werden.

Zwecks Kostenersparnis verwenden die k. ung. Staatseisenbahnen in neuerer Zeit bei den handbedienten Weichen den beistehend dargestellten neuartigen Spitzenverschluß, Stützhakenverschluß genannt.

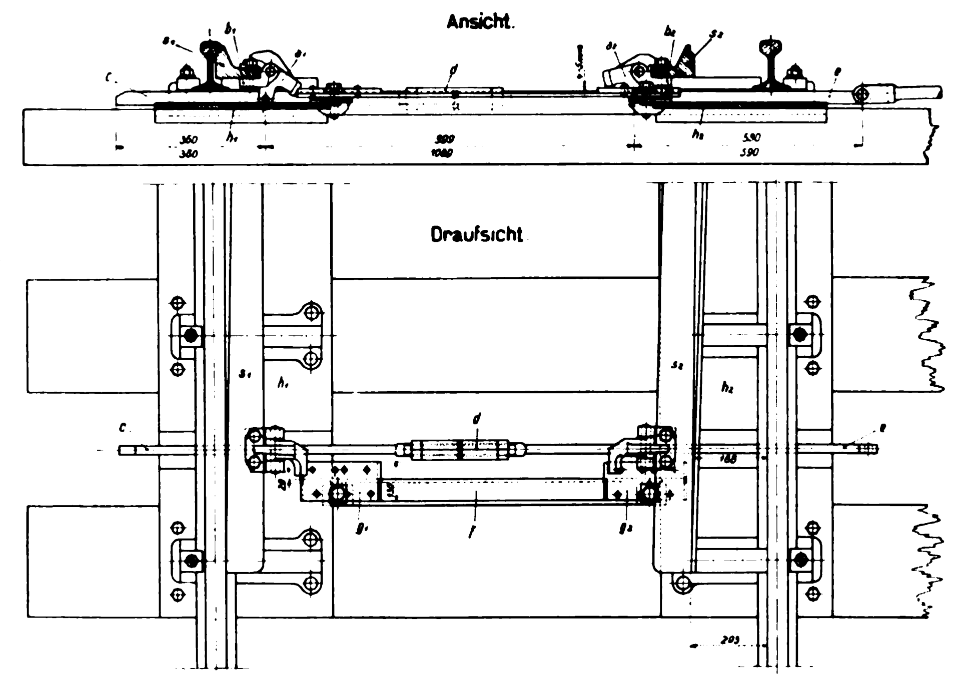
Die Wirkungsweise dieses Verschlusses ist folgende: An dem Fuße der Spitzenschienen S_1 und S_2 — nahe an ihrem verjüngten Ende — ist je ein in lotrechter Ebene schwingender Stützhaken a_1 und a_2, in einem Lager befestigt. Diese Stützhaken verbindet die regelbare Stange e—d—e miteinander. Das eine Ende dieser Stange e steht in gelenkiger Verbindung mit der Weichenbockstange, während das andere Ende c so verlängert ist, daß es sich auch bei abliegender Weichenzunge noch in genügender Länge unter dem Fuße der Stockschiene befindet und dadurch ein Aufschlagen der Spitzenschiene verhindert.

Die durch die Abnutzung während des Betriebes eintretenden Maßänderungen der Weichenzungen erfordern die Regelbarkeit der wichtigsten Bestandteile dieses Spitzenverschlusses. Zu diesem Zwecke wird die Stützhakenverbindungsstange e—d—e aus zwei — durch eine Schraubenhülse verbundenen — Teilen hergestellt, die Stützplatten g_1 und g_2 können in vier Lagen befestigt werden; außerdem ist es noch möglich durch Unterlagsplättchen gewisse Maße zu berichtigen. Gegenüber den Stützhaken sind durch Winkeleisen miteinander verbundene Stützplatten g_1 und g_2 an den Längsplatten oder aber auf dem Fuß der Stockschienen befestigt.

Durch diese Abstützung wird die Spitzenschiene mit

großer Kraft an die Stockschiene angedrückt. Bei dem Hakenverschluß wird die Spitzenschiene mit großer Kraft herangezogen.

Weiche ermöglicht. Nachdem beide Weichenzungen umgestellt sind, gerät der an der früher abstehenden, jetzt anliegenden Zunge befestigte Haken in die stützende Lage, wodurch die



Neuartiger Weichenspitzenverschluß Bauart Eicher.

Der stützende Teil des Hakens ist ein bogenförmiger Keil, der sich an die schräge Fläche der Stützplatte anlegt.

Während des Umstellens des Gewichtshebels des Weichenbockes wird der anliegende Stützhaken nach einer Bewegung der Verbindungsstange von 30 mm soweit angehoben, daß er die Spitzenschiene freigibt und hierdurch das Umstellen der beiden Spitzenschienen gegen Klaffen unter den rollenden Fahrzeugen gesichert sind.

Der geschilderte neuartige Spitzenverschluß wurde nach dem Entwurfe des Dipl.-Ing. Georg Eicher, Inspektor der k. ung. Staatseisenbahnen ausgeführt. Die bis jetzt gesammelten Erfahrungen sind sehr befriedigend.

Wiederherstellung der im Jahre 1919 gesprengten Eisenbahnbrücken (Theißbrücken) in Ungarn.

Von Direktor St. **Rotter.**

A. Zur Einführung.

Nach dem Weltkrieg rückte im Sommer des Jahres 1919 die rumänische Armee gegen das verstümmelte Ungarn vor. In Ungarn herrschte zu dieser Zeit der Kommunismus. Die Rumänen besetzten nach kleineren Kämpfen den östlichen Teil Rumpf-Ungarns; blieben aber entlang des Theißflusses einstweilen stehen. Um Gegenangriffe zu erschweren, sprengten sie mehrere Theißbrücken. Die tschecho-slovakische Armee stand auch in Bereitschaft und sprengte die Eisenbahnbrücke über die Theiß bei Záhony (Csap), während die ungarische rote Armee zur selben Zeit die Eisenbahnbrücke über die Theiß bei Szolnok in die Luft sprengte.

Insgesamt wurden von den acht Theißbrücken sechs Eisenbahnbrücken zerstört; ihre Wiederherstellung stellte die Direktion der k. ung. Staatsbahnen vor eine schwere technische Aufgabe, da diese Herstellungsarbeiten nur nach dem Abzug der rumänischen Armee erfolgen konnten und diese Armee vorher alles was nur fortzubringen war beschlagnahmte und abtransportierte.

Das Ungarland war seiner technischen Hilfs- und Baumittel bis aufs äußerste entblößt, so daß die endgültige Wiederherstellung der gesprengten Theißbrücken nur im Laufe einiger Jahre schrittweise vollführt werden konnte.

Bauunternehmer waren in den Jahren 1920 und 1921 zu diesen Arbeiten nicht zu haben.

Die Lage der zerstörten Theißbrücken ist aus dem beistehenden Lageplan Abb. 1 ersichtlich.

Fünf dieser Brücken wurden durch die ungarischen Staatsbahnen in eigener Arbeitsführung, mit Hilfe der ungarischen staatlichen Maschinenfabrik hergestellt, nur mit den Herstellungsarbeiten der Theißbrücke bei Kisköre wurde eine Bauunternehmung betraut.

Besonders schwierig und bemerkenswert war die Wiederherstellung der Theißbrücke bei Szolnok; diese Arbeiten wurden im Jahre 1925 (30. März) im 6. Hefte des „Organs“ beschrieben.

Aber auch die Herstellung der anderen Theißbrücken war in technischer Hinsicht bedeutend und fesselnd.

Im folgenden sollen einige dieser Arbeiten beschrieben werden.

B. Wiederherstellung der gesprengten Theißbrücke bei Tiszafüred.

Dipl.-Ing. **Alexander Frigyes.**

Die Rumänen hatten im Sommer des Jahres 1919 zwei Pfeiler und drei Eisenträger der auf der Lokalbahn Debrecen—Füzesabony liegenden vereinigten Straßen- und Eisenbahnbrücke über die Theiß gesprengt. Die Brücke hatte fünf Öffnungen von $30{,}1 + 3 \times 68{,}8 + 30{,}1$ m. Die Eisenträger der ersten zwei Öffnungen stürzten in das Flutgebiet, die der dritten Öffnung in den Fluß; die Eisenträger waren an mehreren Stellen gebrochen und zahlreiche Trägerteile erlitten derartige Beschädigungen, daß man an die örtliche Herstellung der gesprengten Eisenträger nicht denken konnte.

Die Arbeiten begannen damit, daß die Trümmer der gesprengten Pfeiler weggeräumt und die Eisenträger der ersten und zweiten Öffnung abgetragen wurden. Die Eisenteile der abgetragenen Träger wurden zur späteren Wiederver-



wendung der noch brauchbaren Teile in die Brückenwerkstätte der Staatseisenwerke abgeliefert.

Da die sofortige vollständige Herstellung der Brücke wegen anderer dringender und großer Brückenwiederherstellungen nicht durchführbar war, wurde der Bau einer einstweiligen Behelfsbrücke in Angriff genommen.

Der Behelfsbau wurde mit Beihilfe der Staatsbahndirektion von einer militärischen technischen Truppe durchgeführt.

Die Herstellung des ungefähr 170 m langen, gesprengten Brückenteiles wurde derart geplant, daß die Flußöffnung mit einer 69 m langen verschraubten, zerlegbaren Roth-Wagner-Brücke, der 100 m lange Teil des Flutgebietes mit 3 × 30 m langen, zerlegbaren Kohn-Brücken und der restliche Teil mit Walzträgern überbrückt wurde. Zur Unterstützung der Eisenträger mußten der zweite gesprengte Pfeiler und

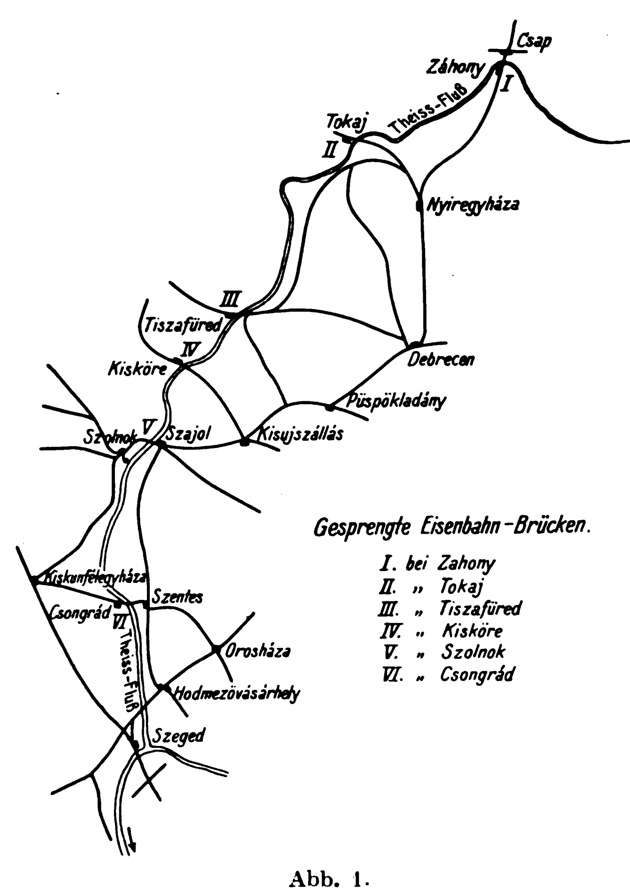


Abb. 1.

drei Pfahljoche hergestellt werden. Da das im Flußbett liegende, gesprengte Eisenwerk die Errichtung eines Baugerüstes der 69 m langen Roth-Wagner-Brücke stark erschwert hätte, wurde beschlossen, die Roth-Wagner-Brücke im freien Vorbau herzustellen. Der dadurch ermöglichte Zeitgewinn fiel dabei stark ins Gewicht.

Die Arbeiten wurden mit der Wiederherstellung des zweiten Pfeilers und dem Bau der drei Holzjoche begonnen. Dann folgte der Walzträgerüberbau und die erste Kohn-Brücke. Anschließend wurde ein 60 m langer Roth-Wagner-Brückenteil zusammengebaut, der bei dem freien Vorbau des 69 m langen konsolartig übergreifenden Roth-Wagner-Brückenteiles als Gegenlast zu dienen hatte. Zwecks Sicherung der Standfestigkeit der Brücke während des Zusammenbaues mußte außerdem das Ende des 60 m langen Brückenteils entsprechend belastet werden.

Um die in einzelnen Trägerteilen während des Zusammenbaues auftretenden unzulässigen Beanspruchungen zu vermeiden wurde die Roth-Wagner-Brücke neben dem unterstützenden Pfeiler verstärkt, indem hier ein 12 m hoher (statt 8 m) Brückenteil eingebaut und dadurch die Verminderung der Kräfte erzielt wurde (siehe Abb. 2).

Nach Beendigung des freien Vorbaues der Roth-Wagner-Brücke wurden der als Gegengewicht verwendete, 60 m lange Brückenteil, sowie die einstweiligen Verstärkungen abgetragen und weitere zwei 30 m lange Kohn-Brücken eingebaut.

Diese Behelfsbrücke wurde Ende Dezember des Jahres 1920 dem Verkehr übergeben.

Um das weitere Versanden der in den Fluß gestürzten Eisenteile zu verhindern, wurde sodann damit begonnen, sie durch Ausheben zu bergen.

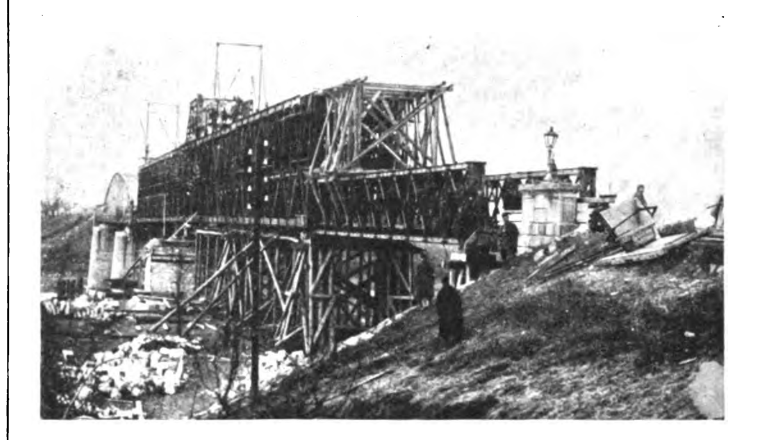


Abb. 2. Freie Montierung der Roth-Wagner-Brücke.

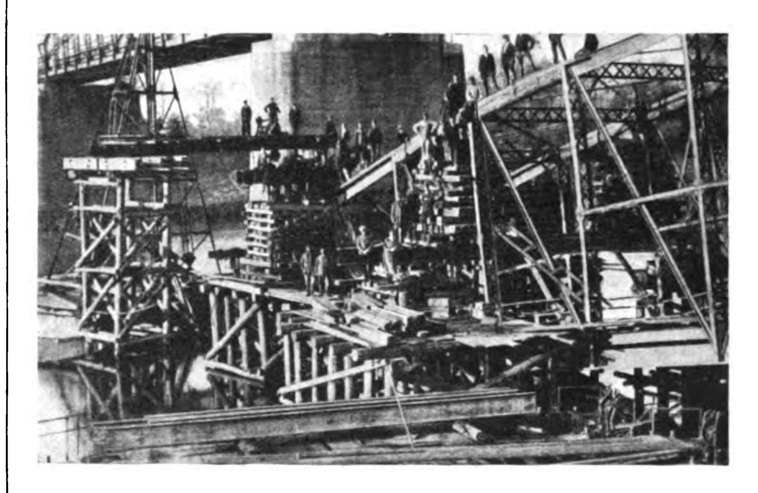


Abb. 3. Heben der gesprengten Eisenkonstruktion der Stromöffnung.

An den ins Wasser gestürzten Enden der Trägerteile wurden Pfahlgerüste hergestellt, von denen aus die Träger mit Flaschenzügen und hydraulischen Winden gehoben wurden.

Da die Eisenträger in den zwei Jahren, die seit dem Sprengen verflossen waren, stark versandet waren, konnten sie nur schwer in Bewegung gesetzt werden. Zahlreiche Bestandteile, Säulen und Diagonalen rissen und brachen, welche dann überlascht und versteift werden mußten, um das Heben fortsetzen zu können.

Um die schiefliegenden Trägerteile gegen Abrutschen zu sichern, wurden die Endsäulen gegen den benachbarten Pfeiler verankert. Die herausgehobenen Eisenträger wurden mit stufenweise erhöhten Schwellenstapeln unterstützt (Abb. 3). Es ist trotz der großen Schwierigkeiten gelungen, den ganzen Eisenträger samt dem abgesprengten Ende herauszuheben. Dann wurden die Träger zerlegt und die Bestandteile in die Staatseisenwerke geliefert.

Im Jahre 1922 wurde die endgültige Herstellung begonnen. Gelegentlich des Brückenumbaues wurde die alte, hölzerne Fahrbahn gegen Belageisen mit Schotterbett ausgewechselt. Dem größeren Eigengewichte und der größeren Betriebsbelastung entsprechend mußten die Eisenträger gleichzeitig verstärkt werden.

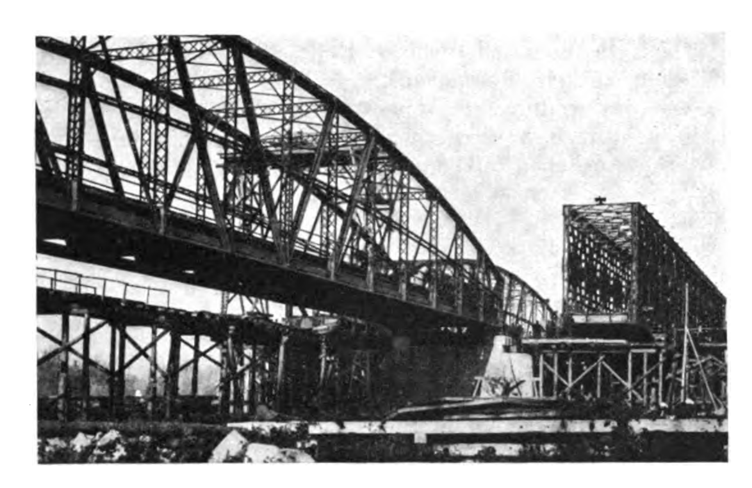


Abb. 4. Die herausgezogene Roth-Wagner-Brücke und das Einziehen der neuen Eisenkonstruktion.

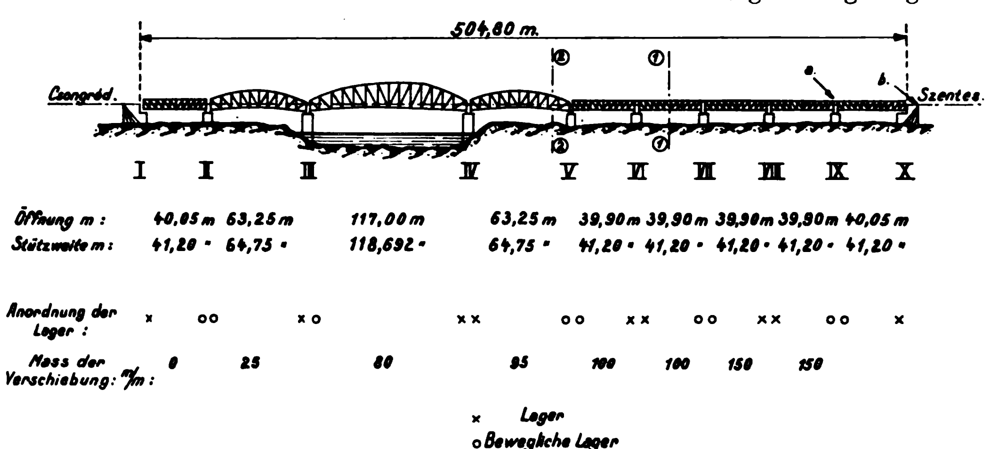


Abb. 5. Gesamtansicht der Brücke.



Abb. 7.

Der gesprengte Pfeiler wurde aus Beton erneuert.

Die Eisenträger der Flutöffnungen sind im Jahre 1922 beendigt worden. Die Ersatzträger wurden flußabwärts von der Behelfsbrücke zusammengebaut.

Das Ausschieben der Behelfsträger und das Einschieben der zwei erneuerten Eisenträger (30,1 + 68,8 m. l.) erfolgte binnen zwei Halbtagen (Abb. 4).

Die Verstärkungsarbeiten der nicht gesprengten zwei Öffnungen (68,8 + 30,1 m), die Umgestaltung ihrer Fahrbahn, ferner die Herstellung und Montierung der Flußöffnung (68,8 m) wurden im Jahre 1923 durchgeführt.

C. Wiederherstellung der gesprengten Theißbrücke bei Csongrád.

Dipl.-Ing. **Stephan Jobbágy.**

Die auf der Nebenlinie Budapest—Félegyháza—Hódmezövásárhely, zwischen Csongrád und Szentes liegende vereinigte Straßen- und Eisenbahnbrücke überbrückt das Flußbett und das Flutgebiet der Theiß in einer Länge von 500 m.

Die Brücke wurde vom ungarischen Staate in den Jahren 1900 bis 1903 erbaut. Nach den Abb. 5 und 6 bestand das gesamte Tragwerk aus neun Balkenträgern, wobei sechs Parallelträger ($6 \times 39{,}9$ m) über dem Flutgebiete und drei Sichelträger ($2 \times 63{,}25 + 1 \times 117{,}0$ m) über dem Flußbett lagen.

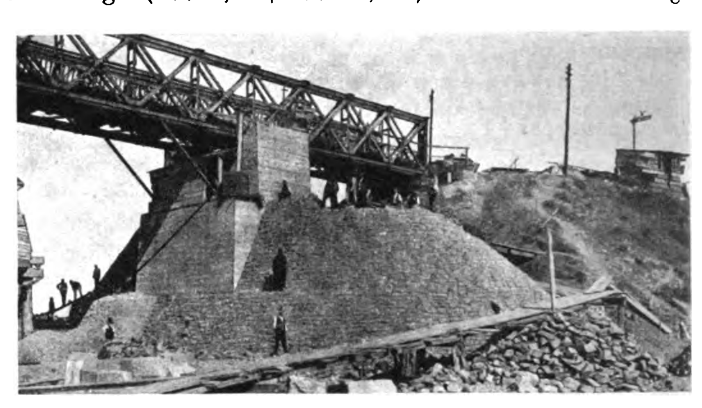


Abb. 8.

Den Unterbau der Brücke bilden die mit Druckluftgründung hergestellten Steinpfeiler, wovon die im Flutgebiet

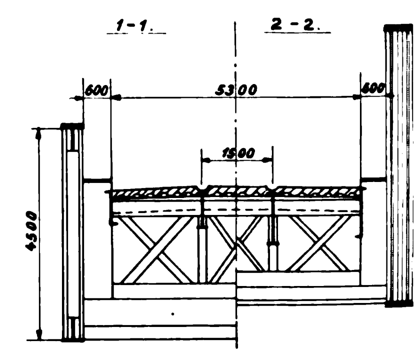


Abb. 6. Querschnitt.

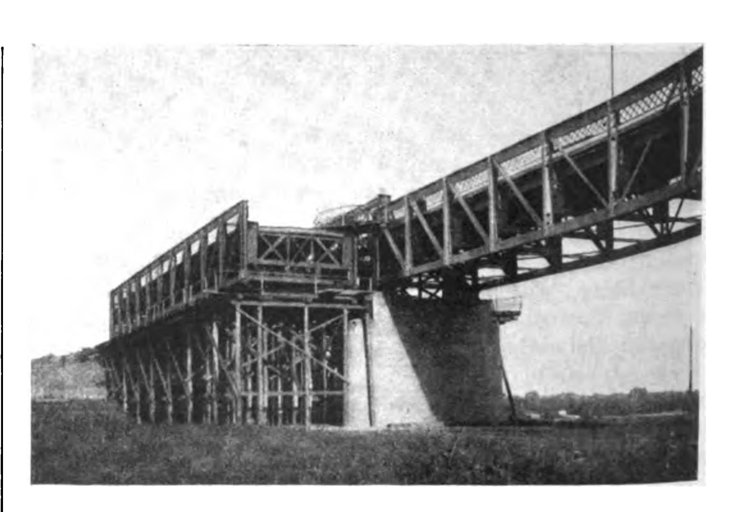


Abb. 9.

liegenden mit Eisenbetoncaissons hergestellt wurden. Der Eisenträger der Hauptöffnung hat eine Stützweite von 118,69 m; er ist damit die längste zweistützige Balkenbrücke Ungarns.

Die zwei ersten Eisenträger auf der Seite Szentes wurden von den Rumänen im Jahre 1919 nacheinander gesprengt (Abb. 7).



Bei der ersten Sprengung wurden die Lager der Brücke hinausgeschleudert, die auf dem ersten Pfeiler liegenden Endfelder der Eisenträger wie auch der Pfeiler selbst stark beschädigt.

Bei der zweiten Sprengung stürzte das auf der Seite Szentes befindliche Ende des ersten Eisenträgers zu Boden, das Mauerwerk des Widerlagers wurde ganz zerstört; gleichzeitig wurden sämtliche Eisenträger in der Richtung Csongrád um 30 bis 150 mm verschoben. Die Rumänen haben die unbrauchbar gewordene Brücke zur Abfuhr ihrer Beute behelfsmäßig wieder hergestellt. Die Brücke wurde von der Direktion der ungarischen Staatsbahnen im Jahre 1920 endgültig wieder hergestellt.

Anstatt der von den Rumänen gebauten, nicht verkehrssicheren Notbrücke wurden zwei 24 + 30 m lange Kriegsbrücken eingebaut. Die Herstellung des gesprengten Widerlagers erfolgte aus Beton unter dieser ersten Kriegsbrücke (Abb. 8). Auch die beschädigten und der gesprengte Pfeiler wurden aus Beton hergestellt.

Der erste gesprengte Eisenträger wurde gegen einen neuen ausgewechselt, der seitlich des alten zusammengebaut und an die Stelle der Behelfsbrücken unter Sperrung des Betriebs eingezogen wurde (Abb. 9).

Außerdem wurden an den Eisenträgern und den Pfeilern zahlreiche Risse und Beschädigungen ausgebessert. Zuletzt erfolgte die Längsverschiebung der Eisenträger in die ursprüngliche Lage. Das Maß der Verschiebungen ist aus Abb. 5 ersichtlich.

An den Enden der Eisenträger sind infolge der durch die Sprengung erfolgten Längsverschiebung verschiedene bemerkenswerte Erscheinungen aufgetreten. An mehreren Stellen wurden sämtliche Schrauben der Lageroberteile abgeschert; an solchen Stellen erfolgte die Längsbewegung der Eisenträger ohne Zerstörung der oberen Schichten des Mauerwerks. An anderen Stellen sind wieder die Quader und oberen Schichten der Mauer aus der ursprünglichen Ebene hinausgetreten; hier erfolgte die Längsbewegung der Eisenträger, die der Lager und der Mauerteile zusammen.

Die Zurückschiebung der großen Eisenträger geschah wie folgt: Bei den festen Lagern wurden die Eisenträgern mit je 2×2 hydraulischen Winden gehoben, die Flächen des Lageroberteils und der Lagerplatte zwecks Verminderung des Reibungswiderstandes geölt und dann wieder auf die Lager herabgelassen. Dann wurden zwischen den Eisenträgern und den hydraulischen Winden geölte Stahlplatten eingeschoben und die Winden in Bewegung gesetzt, so daß sie einen Teil des Gewichtes der Eisenträger aufnahmen. Bei den Rollenlagern an den Enden der Säulen wurden hydraulische Winden wagrecht angeordnet, die gegen die benachbarten Brücken abgestützt wurden. Bei dem Zurückschieben der großen Eisenträger wurde festgestellt, daß sich die Fugen der Quader des unter den Schiebewinden befindlichen Pfeilers um 5 mm öffneten, dann trat eine sprunghafte Bewegung der Träger von 1 bis 2 mm ein, bis die Träger die ursprüngliche Lage genau erreichten.

Neuerungen und Neuerungsbestrebungen im Fachdienste für Bahnerhaltung bei den kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Von **Ernst v. Tomassich**, Dipl.-Ing., Inspektor.

Die Neuregelung aller Verhältnisse in dem durch den Friedensschluß verkleinerten Ungarn griff auch in den Bau- und Erhaltungsdienst der Eisenbahnen ein. Die Neuerungen und Vereinfachungen galten sowohl der zentralen Verwaltung, als auch dem Außendienst und bezweckten die Rationalisierung des Dienstes. Dadurch war ein Abbau des Kopfbestandes möglich. Der Fachdienst für Bahnerhaltung gliedert sich — wie schon im 1. Aufsatz dieses Heftes erwähnt — in drei Stufen: Direktion, Betriebsdirektion und Sektionsingenieuramt.

Die Hauptsektion der Direktion für Bau und Bahnerhaltung umfaßt z. Z. drei Abteilungen: 1. Konstruktion und Entwurf; 2. Bahnerhaltung und Bahnaufsicht; 3. Entwurf und Erhaltung der Brücken. Zur Ausführung größerer Bauten werden von Fall zu Fall Neubauämter aufgestellt. Bei der Direktion und den Betriebsdirektionen entfällt durchschnittlich auf 100, bei den Ingenieurämtern auf 45 Streckenkilometer je eine technische Arbeitskraft. Diese haben mit wenigen Ausnahmen die Hochschule absolviert, sind also überwiegend Diplomingenieure.

Die Bahnerhaltungsarbeiten bei den Sektionsingenieurämtern werden mit Beihilfe der Bahnmeister ausgeführt, während die unmittelbare Bewachung und Begehung der Strecken den Bahnwächtern obliegt. Die Streckenlänge einer Bahnmeisterei beträgt durchschnittlich 12,0 km.

Der Bahnwächterdienst wurde in der Nachkriegszeit wesentlich vereinfacht. Durch Beseitigung von 366 Schranken und Verminderung der Anzahl der Streckenbegehungen konnte das Bahnwächterpersonal von 3132 Mann stufenweise auf 2314 herabgesetzt werden. Zugleich wurde auch der Stand der ständigen Bahnarbeiter überprüft, der hauptsächlich dadurch stark angewachsen war, daß nach dreijähriger ununterbrochener Dienstleistung jeder Arbeiter selbsttätig zum ständigen Arbeiter wurde.

Der auf diese Weise übermäßig angeschwollene Kopfbestand wurde zu einem bedeutenden Kostenpunkt der k. ung. Staatseisenbahnen, weshalb darüber gründliche Erwägungen nötig erschienen. Es wurde als Grundsatz festgelegt, daß die Anzahl der ständigen Vorarbeiter und Arbeiter bei jeder Bahnmeisterei auf den Strecken I. Ranges höchstens zwei und sechs, auf Strecken II. und III. Ranges höchstens eins und drei bis fünf betragen darf. Dementsprechend wurde die Zahl der ständigen Bahnarbeiter auf 3950 festgelegt.

Der landwirtschaftliche Charakter Ungarns wirkt sich auch auf dem Gebiete der Bahnerhaltungsarbeiten aus, indem während der Zeit der Massenfeldarbeiten, hauptsächlich zur Zeit der Ernte, die Arbeiten auf das Mindestmaß herabgesetzt, der Hauptteil der Bahnarbeiten also in den Monaten März bis Mai und September bis November ausgeführt werden muß. Dementsprechend schwankt die Anzahl der Zeitarbeiter je nach der Jahreszeit zwischen 2000 und 12000.

Es ist allbekannt, daß der Weltkrieg und die darauf folgenden Zeiten, ferner die mangelhafte Ernährung und die gelockerte Disziplin die Arbeitsleistungen wesentlich herabgedrückt haben.

Zur Beseitigung dieses Übels mußte auch bei unserem Bahnerhaltungsdienst das allgemeine Bestreben platzgreifen, die Wirtschaftlichkeit der Arbeit durch wissenschaftliche Forschungen und Versuche zu fördern.

Eine unserer wichtigsten Vorkehrungen war, daß auch bei uns das Gedingeverfahren eingeführt oder weiter ausgedehnt wurde.

Auf Grund eingehender Zeitstudien und Beobachtungen sind für das Arbeiten im Gedinge verläßliche Einheitswerte bestimmt worden. Als Höchstsatz für Gedingeverdienst gilt die Begrenzung, daß der festgesetzte Stundenlohn hierbei höchstens um 30% überschritten werden darf. In den letztvergangenen Jahren ist etwa ein Drittel aller Oberbauarbeiten im Gedinge durchgeführt worden. Es konnte festgestellt werden, daß diese Arbeitsweise auch auf die Leistungen fördernd wirkte,

weshalb die planmäßigen Arbeitsmethoden neuerdings in unserem Oberbauwesen immer mehr herrschend werden. Auch die bekannten anderweitigen Vorzüge trugen dazu bei.

Um das planmäßige Arbeiten erfolgreich durchführen zu können, um dabei weiter auch eine wirksame technische Kontrolle zu sichern, wurden unter Auflösen einiger Sektionsingenieurämter Abteilungsingenieure angestellt, deren Aufgabe darin besteht, unter persönlicher Verantwortung die in möglichst einheitliche Abschnitte unterteilten Strecken einer Ingenieursektion in bezug auf Unterhaltung und Bahnaufsicht selbständig zu verwalten.

Die Abteilungsingenieure werden, bevor sie mit der Leitung eines Streckenabschnittes betraut werden, einer Prüfung unterworfen.

Unsere Erfahrungen mit dieser Neueinführung sind befriedigend.

Unsere Bahnmeister besuchen, bevor sie endgültig angestellt werden, nach vorangegangener praktischen Ausbildung einen etwa achtmonatlichen Kurs, wo sie in den Kenntnissen ihres Arbeitsgebietes theoretisch und praktisch unterrichtet werden. Weiter werden sie nach Bedarf zwecks Fortbildung zu Lehrgängen einberufen, wo sie mit den Neuerungen, die in ihrem Fach eingeführt wurden, vertraut gemacht werden.

Über den Oberbau der kön. ungar. Staatsbahnen.

Von **Karl Allodiatoris**, Dipl.-Ing. Oberinspektor.

Hierzu Tafel 28.

Das Netz der k. ung. Staatsbahnen erreichte vor dem Kriege seine beträchtliche Ausdehnung durch die Verstaatlichung mehrerer Privatbahnen und durch die Übernahme des Betriebes mehrerer Lokalbahnen. Dies erklärt, daß bei den ungarischen Staatsbahnen ungefähr 40 Oberbauformen in Verwendung standen. Diesen Zustand aufrechtzuerhalten war selbstredend nicht erwünscht und so wurde allmählich — gefördert durch das Bestreben einen zweckentsprechenderen Wagen- und Lokomotivbestand und größere Geschwindigkeiten zu erreichen — auf eine einheitliche Entwicklung und Gestaltung des Oberbaues zielbewußt hingearbeitet. Es sind in diesem Bestreben folgende drei Schienenformen ausgebildet und eingeführt worden:

Auf internationalen Hauptbahnlinien die Schiene mit 42,8 kg/m Einheitsgewicht, bezeichnet mit „J“;

auf den übrigen Hauptbahnlinien die Schiene mit 34,5 kg/m Einheitsgewicht, bezeichnet mit „c“;

auf den Linien II. Ranges und auf Nebenbahnen die Schiene mit 23,6 kg/m Einheitsgewicht, bezeichnet mit „i“.

Heute sind auf dem Liniennetz der ungarischen Staatsbahnen hauptsächlich diese drei Schienenformen vertreten, und nur ausnahmsweise lassen sich Überreste älterer Oberbauarten finden.

Die 42,8 kg schwere Schiene (s. Taf. 28, Abb. 1) ist 139 mm hoch mit 70 mm Kopfbreite, 120 mm Fußbreite bei 15 mm Stegdicke. Die Länge der Schienen betrug ursprünglich 12 und 16 m; erst neuerdings wird sie in 24 m Länge bestellt. Die Neigung der Laschenanschlageflächen ist 1:5. $J = 1430{,}1\ cm^4$ und $W = 41{,}7\ cm^3$.

Die 34,5 kg schwere Schiene (s. Tafelabb. 2) ist 128 mm hoch mit 57 mm Kopfbreite, 104 mm Fußbreite und 15 mm Stegdicke. Die Neigung der Laschenanschlagflächen ist 1:2,5. Die Länge dieser Schienen ist 12, neuerdings 16 m. $J = 934{,}88\ cm^4$ und $W = 145{,}32\ cm^3$.

Die 23,6 kg schwere Schiene ist 107,5 mm hoch mit 47 mm Kopfbreite und 11 mm Stegdicke. Die Laschenanschlagflächen haben die Neigung 1:2,5. Die Schienenlänge beträgt 12 m. $J = 447{,}2\ cm^4$ und $W = 83{,}2\ cm^3$.

Aus wirtschaftlichen Gründen war eine beschleunigtere Auswechslung abgenützter Schienen nicht möglich, und auch wegen Mangel der Geldbeträge mußten wir uns bisher mit der ungetrennten Schienenbefestigung begnügen. Unsere Schienen liegen heute noch auf gewalzten Rippenunterlagplatten und werden mit Schienenschrauben auf den Schwellen befestigt.

In unserer heutigen schwierigen Lage müssen wir $^2/_3$ unseres Bedarfes an Schwellen importieren und deshalb ist es dringend geboten, die Lebensdauer unserer Schwellen möglichst zu verlängern. Ein wichtiges Mittel hierzu bietet die getrennte Befestigungsart, die übrigens auch wegen gewisser Betriebrücksichten erwünscht ist, so daß wir heute mit mehreren Unterlagplatten Versuche durchführen, die bei getrennter Befestigung Klemmwirkung ausüben. Die Versuche lassen ein günstiges Ergebnis erhoffen, aber ein abschließendes Urteil ist noch nicht möglich; deshalb müssen wir von der Darstellung der Vorrichtungen vorläufig noch Abstand nehmen..

Die Stöße wurden früher schwebend ausgebildet und die Laschen waren bei allen drei Schienenformen zur Aufnahme von sechs Schraubenbolzen ausgebildet. Ihre Länge ist auf Hauptstrecken 900 mm, bei Nebenbahnen 830 mm. Der Schwellenabstand war bei den Stößen 560 mm, nur bei den Nebenbahnen 510 mm.

Obwohl die Festigkeitseigenschaften unserer Laschen sehr günstig waren, so hat die immerhin große Schwellenentfernung zu Verhämmerungen der Schienenenden, Schweinsrückenbildungen, Laschenverschleiß usw. geführt, weshalb wir zum Doppelschwellenstoß übergingen, wodurch der Stoßschwellenabstand von 560 mm auf 270 mm vermindert wurde.

Durch Einführung der Doppelschwellen wurden die Laschengewichte beträchtlich vermindert, so ist das Gewicht des Laschenpaares bei dem Oberbau „J“ heute 27,36 kg gegenüber 44,02 kg bei dem schwebenden Stoße. In Verbindung mit diesen Neuerungen wurden auch die Schienenlängen auf 24,0 m erhöht.

In den Abb. 1, 2, 3, Taf. 28 ist schon die umgeänderte Stoßausbildung mit Doppelschwellen dargestellt.

Weitere Verbesserungen des Oberbaues suchten wir durch erhöhte Festigkeit des Schienenstahls zu erreichen. Nach den neueren Vorschriften soll sich die Zerreißfestigkeit zwischen den Grenzen $70\ kg/mm^2$ und $85\ kg/mm^2$ bewegen. Das Dehnungsmaß auf 100 mm bezogen soll so ausfallen, daß ihr Dreifaches mit der Bruchfestigkeit zusammen wenigstens die Zahl 106 erreicht. Diese Gütezahl lassen wir zunächst nur zu Studien- und Vergleichszwecken bestimmen.

Der größte Teil unserer Linien liegt auf mehr oder minder ebenem Gelände, und dementsprechend ist die gerade Linienführung vorherrschend (82% gerade Strecken). Dennoch müssen wir auf eine Herabminderung der Schienenabnützung bedacht sein, da unsere Schienenpreise im Verhältnis zu westeuropäischen Ländern sehr hoch sind. Aus diesem Grunde wurden zunächst Versuche mit Leitschienen gemacht. Wegen ihrer immerhin noch hohen Kosten befaßten wir uns auch mit anderen Lösungen, so insbesondere mit der versuchsweisen Einführung legierter Stahlsorten.

Schon im Jahre 1912 begannen die Versuche mit hochgekohlten Stahlschienen auf der Linie Piski-Petrozsény, die auf einem jetzt von Ungarn abgetrenntem Gebiete liegt, so daß die Versuche nicht weiter verfolgt werden können. Auf dieser Strecke waren die Schienen im Bogen ($R = 190$ m) im Gefälle von 16‰ verlegt. Nach Verlauf von 16 Monaten betrug die Durchschnittsabnützung der Bessemerstahlschienen

260 mm² demgegenüber diejenige der hochgekohlten Schienen 135 mm².

Unsere neuen Versuchsstrecken liegen in der Nähe von Budapest in Gefällen von 10 bis 12‰ zugleich in Bogen von R = 250 bis 300 m. Von den hier gleichzeitig verlegten hochgekohlten Schienen und Siliciumschienen verhielten sich bisher erstere günstiger.

Es wurden auch Versuchsstrecken mit herabgeminderter Spurerweiterung eingerichtet; die Messungen und Beobachtungen sind noch im Gange, aber es hat den Anschein, daß der Verschleiß von Schienen und Radreifen auf solche Weise erhöht wird.

Einen weiteren Schritt in der sparsameren Gestaltung der Oberbaubewirtschaftung bildet die verbesserte Art der Wiederbenützung von Schienen mit abgehämmerten und niedergefahrenen Enden. Früher wurden solche Schienen gekürzt und mit neuen Laschen wieder verlegt; neuerdings aber werden solche an den Enden um je 50 cm gekürzten Schienen zusammengeschweißt.

Wie schon erwähnt, befinden wir uns in der volkswirtschaftlich ungünstigen Lage, den großen Teil der benötigten Schwellen aus dem Auslande bestellen zu müssen. Um das Übel zu mindern haben wir einerseits unser Tränkverfahren zu vervollkommnen gesucht, anderseits machen wir ausgiebigen Gebrauch von Eisenbetonschwellen.

Was die Bettung betrifft, so sind ebenfalls Verbesserungen angestrebt worden. Heute werden schon dem Gepräge der Linien entsprechend 40, 45 und 50 cm starke Bettungen vorgesehen, während man sich früher mit 30 cm begnügt hat. Als Bettungsstoff kommt meistens Steinschlag in Betracht, Schotter wird nur bei untergeordneten Linien verwendet. Der Steinschlag wird womöglich nur aus hartem Kristallgestein erzeugt (Basalt, Andesit, Trachyt, Diabas); Kalkgestein wird nur in der Nähe guter Kalkstein-Brüche benützt.

Unsere Verwaltung wurde in den letzten Jahren vor eine neue schwere Aufgabe gestellt, die aus der Tatsache hervorging, daß das unserer Betriebsleitung zugewiesene Lokalbahnnetz von rund 4000 km Länge zum großen Teil gerade in diesen Jahren auswechslungsbedürftig wurde. Erschwert ist die Lage noch dadurch, daß die schwachen Schienenformen der Lokalbahnen (20 kg und 23,6 kg) den heutigen Verkehrsbedürfnissen nicht mehr entsprechen. Es ist erwünscht, daß auf diesen Linien Wagen mit 20 Tonnen Ladegewicht, d. h. mit 16 Tonnen Achsdruck verkehren, und da dies bei einem Schienengewicht von 23,6 kg selbst durch Schwellenvermehrung nicht zu erreichen ist, mußte man sich entschließen, auch auf Lokalbahnen 34,5 kg schwere Schienen zu verlegen.

Behufs Verbesserung der Verkehrsverhältnisse unserer internationalen Hauptlinien und zur Erhöhung der Geschwindigkeiten ist die Einführung leistungsfähigerer Lokomotiven geplant, deren größter Achsdruck 20 t sein wird, bei einer Geschwindigkeit von 100 km/Std. Unsere 42,8 kg schwere Schiene kann solchen Anforderungen nicht mehr Genüge leisten, weshalb wir eine stärkere Schienenform entwerfen mußten. Das Verlegen unseres neuen Oberbaues mit 48,3 kg schweren Schienen hat in diesem Jahre bereits begonnen, zunächst mit 76 cm Schwellenabstand, der einem Achsdruck von 23 t genügt.

Bei dem Entwurf der 48,3 kg schweren Schiene sind die theoretischen Forderungen, die eine zweckentsprechende Massenverteilung und hohe Tragfähigkeit anstreben, besser beachtet worden als bei unseren älteren Formen.

Der Querschnitt der neuen Schiene, ihre Abmessungen und Festigkeitszahlen sowie der Schwellenverteilungsplan sind aus der Abb. 3, Taf. 28 ersichtlich.

Zwischen Schienenfuß und Unterlagplatte werden zur Erhöhung der Reibungswiderstände und Elastizität sowie zur Verminderung des Verschleißes Pappelholzplättchen eingelegt.

Dieser Übersicht des bei den ungarischen Staatsbahnen verwendeten Oberbaues sei noch eine kurzgefaßte Darstellung unserer Weichen angefügt.

Ursprünglich ebenso zahlreich wie unsere Schienenformen waren sie der Bauart nach entweder Wurzelzapfenweichen oder Federweichen. Der Wurzelzapfen selbst ist bei manchen Bauarten ein besonders selbständiges Stück, bei anderen dagegen mit der Wurzelplatte fest verbunden. Bei den heutigen Schienenformen wird im allgemeinen auf untergeordneteren Stellen die Wurzelzapfenweiche, auf wichtigeren Stellen dagegen die Federweiche verwendet.

Aus wirtschaftlichen Gründen befassen auch wir uns mit der Vervollkommnung des Wurzelzapfenzungenstoßes und neuerdings wurde auch ein solcher verstärkter Wurzelzapfenwechsel bei dem 42,8 kg schweren Oberbau eingeführt; er bewährte sich bisher gut. Diese Bauart wenden wir auch bei dem 48,3 kg schweren Oberbau an.

Die schwierige Frage der guten Zungenwurzelverbindung suchen wir gegenwärtig auch auf einem ganz neuen Wege zu lösen. — Die Zunge wird mit einem in wagrechter Richtung beweglichen, große Klemmwirkung ausübenden Keil an den Wurzelzapfen gedrückt. Der vordere Teil des Keiles endet in einem Schraubenbolzen, wobei durch eine Schraubenmutter der Keil beständig festgespannt gehalten werden kann. Um den Verschleiß möglichst zu vermindern, wurden die Wurzelzapfendurchmesser auf 120 mm festgesetzt. Die Klemmkeile werden aus weicherem Stahl hergestellt, um den Verschleiß mehr auf die kleineren, leicht auswechselbaren Teile zu beschränken.

Über die Herzstücke sei nur erwähnt, daß bei den leichteren Oberbauarten Gußherzstücke verwendet werden, während bei den schwereren Oberbauformen die Herzstücke aus Schienen hergestellt werden, teilweise mit eingelegten Gußstahlspitzen.

Zur Darstellung von Hochbauten der k. ung. Staatsbahnen Seite 404.





Die erste Abbildung zeigt eine Milchladerampe, die zur Hälfte mit Eisenbetonkonstruktion überdacht ist und deren Flächeninhalt rund 1600 m² beträgt. Sie wurde auf dem Bahnhofe Budapest—Kelenföld errichtet, auf dem die zur Versorgung der Hauptstadt dienende Milch — täglich rund 150000 l — ankommt. Die Anlagen waren notwendig, weil infolge der Gebietsabtrennungen die Milch aus anderen Versorgungsgebieten entnommen werden mußte. Die zweite Abbildung zeigt einen infolge der neuen Zollgrenzen nötig gewordenen Zollschuppen, der nach Bedarf zerlegbar ist.

Hochbauten.

Die Wohnungsnot, die in der Nachkriegszeit allgemein auftrat, zwang die Direktion der k. ung. Staatseisenbahnen gesorgt werden und alsbald erschien es zweckmäßig, für die einzelnen Beamtenkategorien Wohnhaustypen festzusetzen.



Abb. 1. Zweifamilienwohnhaus für mittlere Beamte.



Abb. 2. Arbeiterwohnhaus für sechs Familien.



Abb. 3. Arbeiterwohnhaus für sechs Familien.



Abb. 4. Arbeiterwohnhaus für zwei Familien.

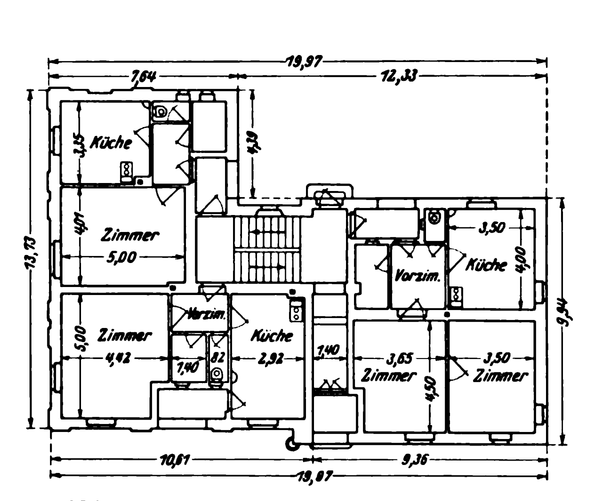


Abb. 5. Grundriß des Erdgeschosses eines Arbeiterwohnhauses für sechs Familien.

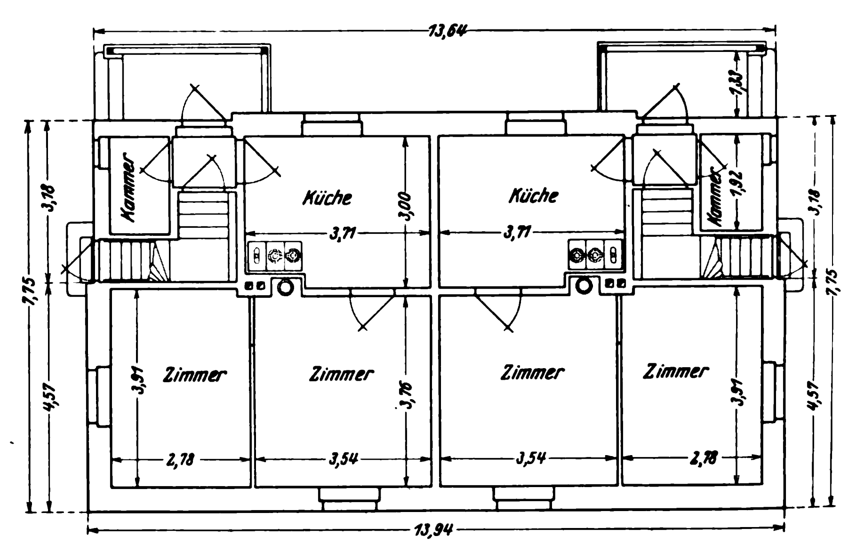


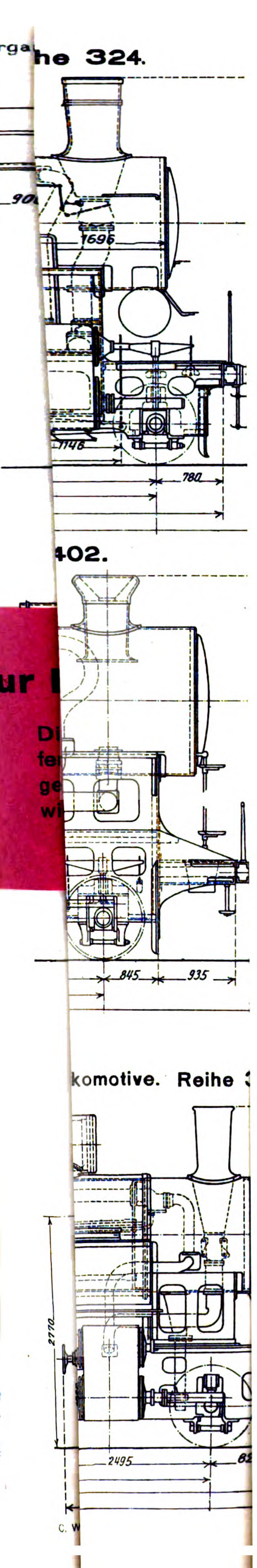
Abb. 6. Grundriß des Erdgeschosses eines Arbeiterwohnhauses für zwei Familien.

Wohnungsbauten für Angestellte in größerem Maße als in den Vorkriegszeiten in Angriff zu nehmen.

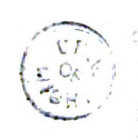
Es mußte vorerst für das Personal des Exekutivdienstes

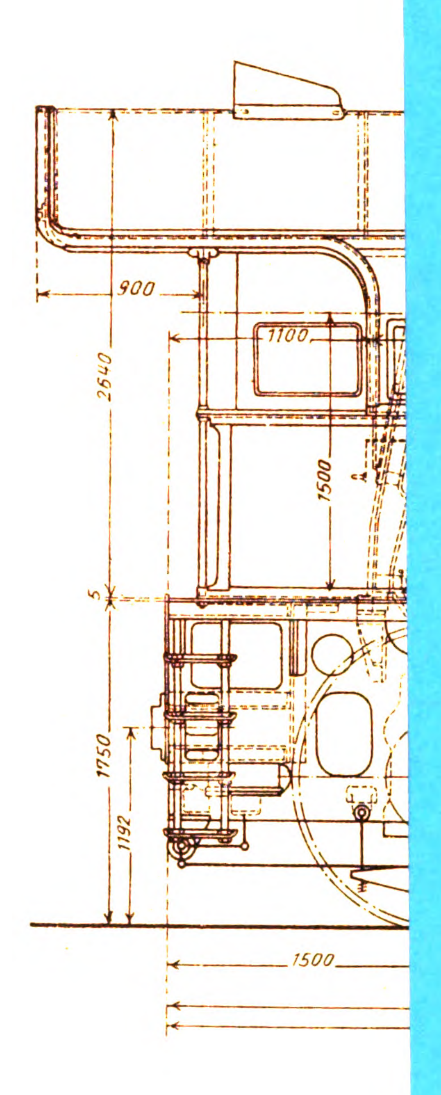
Wohnungstypen wurden entworfen für Beamte (mittlere und untere), ferner für Arbeiter. Einige Grundrisse und Ansichten einzelner Typen stellen die Abb. 1 bis 6 dar.

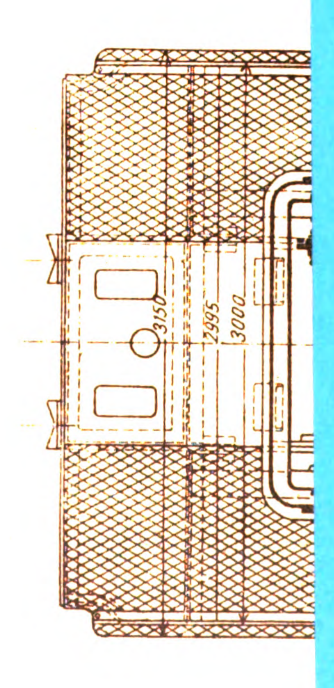
Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.



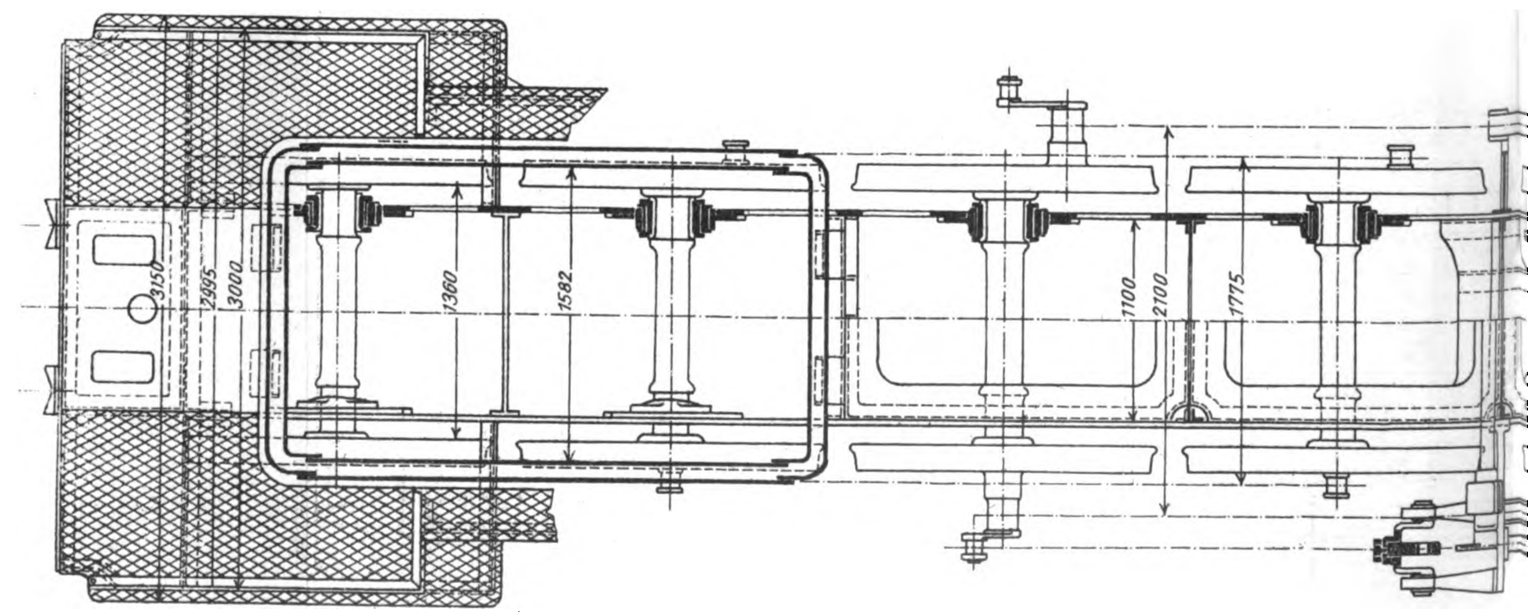
rga he 324.
402.
komotive. Reihe







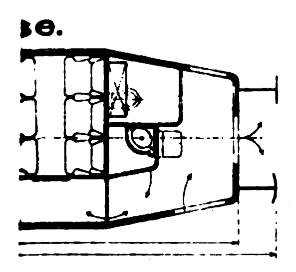
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

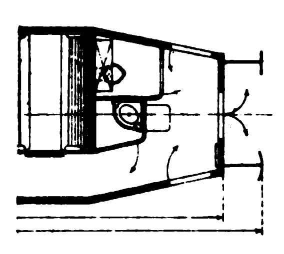


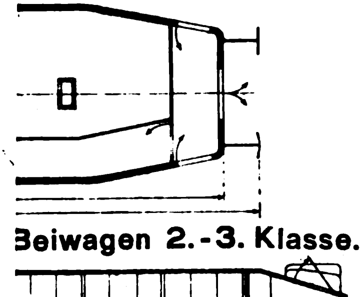
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

aatseisenbahnen.

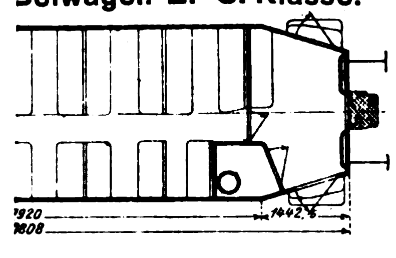
se.

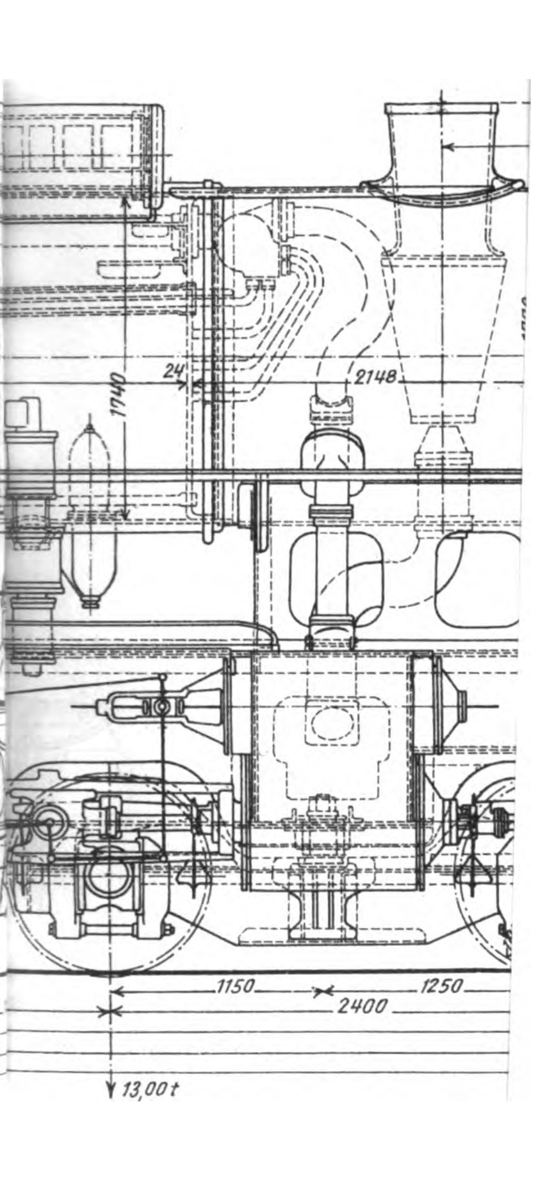


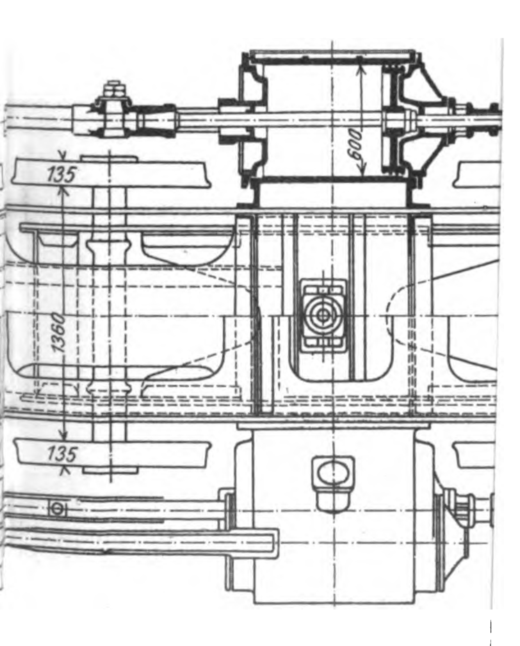


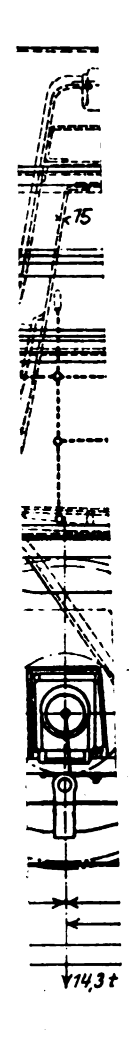


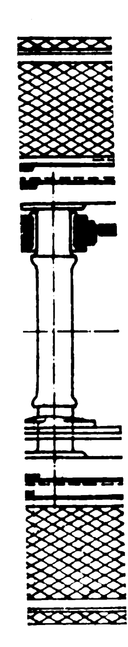
Beiwagen 2.-3. Klasse.








75
14,3 t



Zum Aufsatz: Neue Wagenbauarten der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Abb. 1. Vierachsiger Personenwagen 1. u. 2. Klasse.

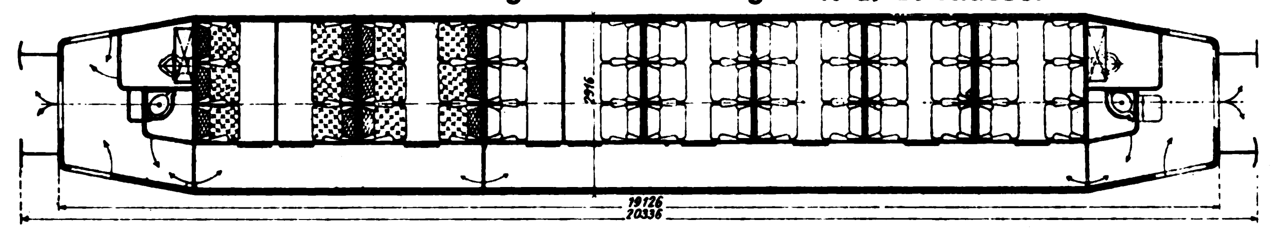


Abb. 2. Vierachsiger Personenwagen 3. Klasse.

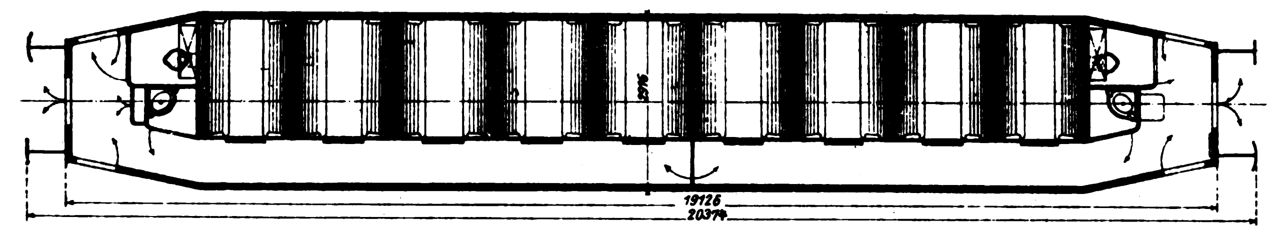


Abb. 3. Vierachsiger Gepäckwagen.

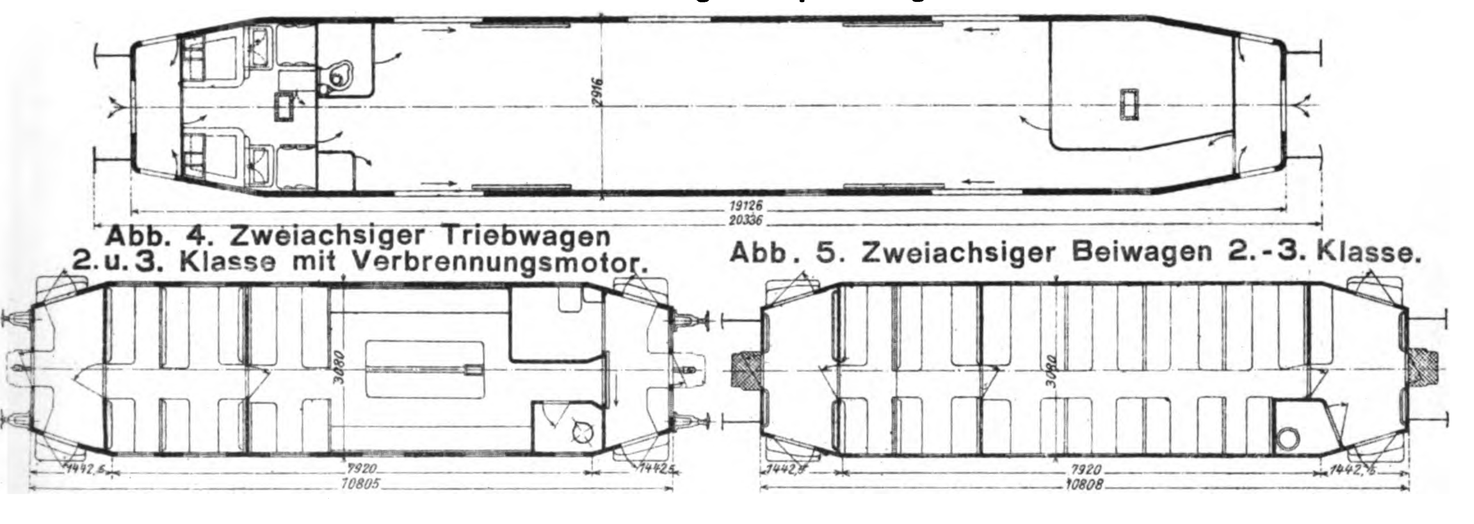


Abb. 4. Zweiachsiger Triebwagen 2. u. 3. Klasse mit Verbrennungsmotor.

Abb. 5. Zweiachsiger Beiwagen 2.-3. Klasse.

Abb. 1 Zum Aufsatz: Der Bau des Personenwagenausbesserungsw
Laan.

Landstrasse

Wohnbauten

Wohnbauten

Wohnbauten

k Schmiede

Haltestelle

Schiebebühne

Drehgestell

LI. LII. L. XLIX. XLVIII. XLVII. XLVI. XLV. XLIV. XLIII. XLII. XLI. XL. XXXIX. XXXVIII. XXXVII.

zur Schmiedewerkstatte

…sserungswerkes Dunakeszi und …
…eplan.

…strasse

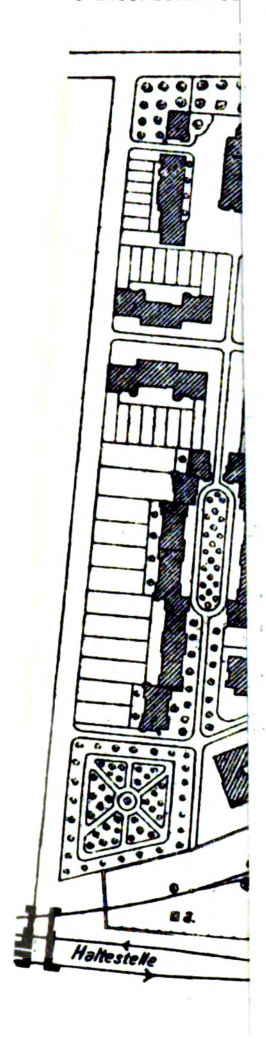
Taf. 25.

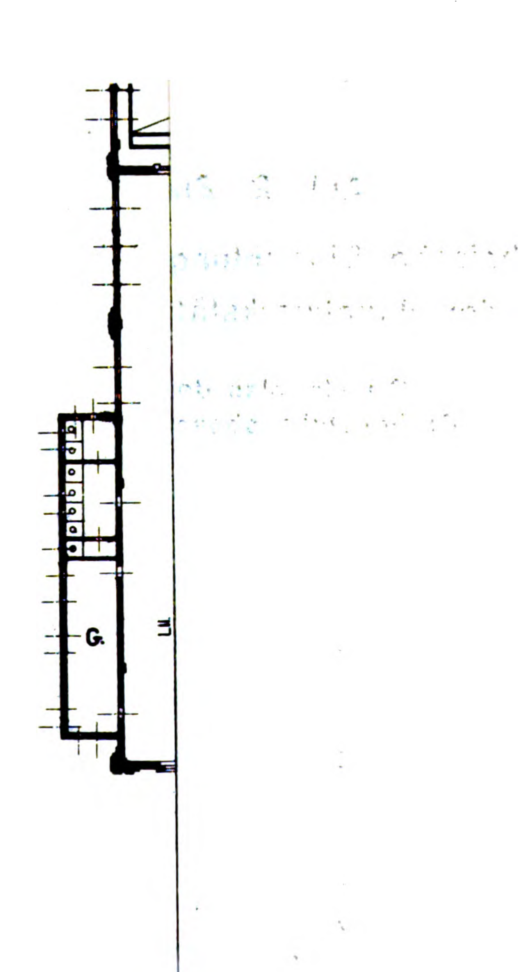
…en
…elspur.



Digitized by Google

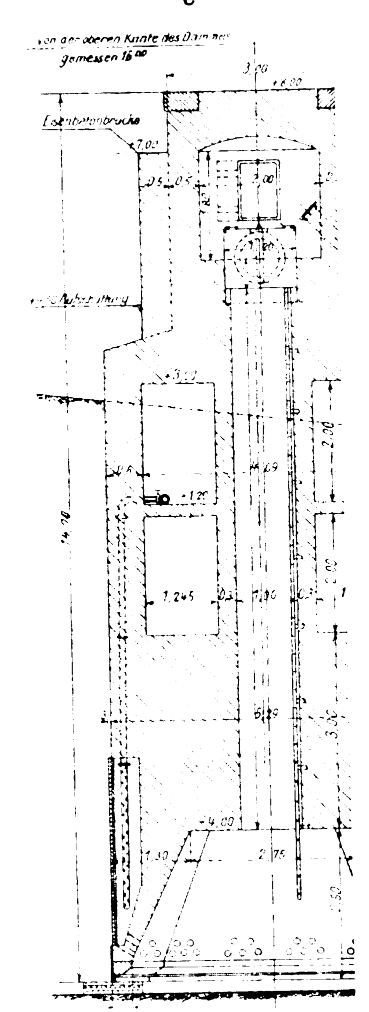
…Spur.



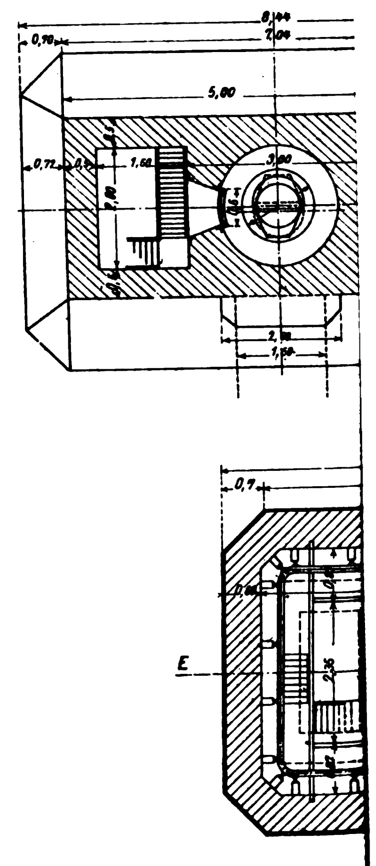


r, Darmstadt.

Querschnitt.



Schnitt L-M





Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Zum Aufsatz: Zur Geometrie des Laufwerkes der Eisenbahnwagen.

Abb. 1. Querspiel der Zwischenachsen aus der Mittelstellung. Sehnenlauf.

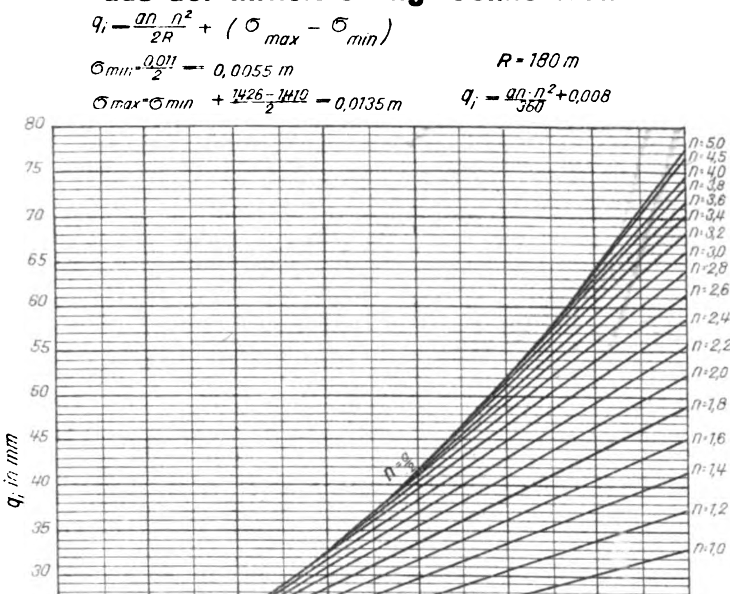
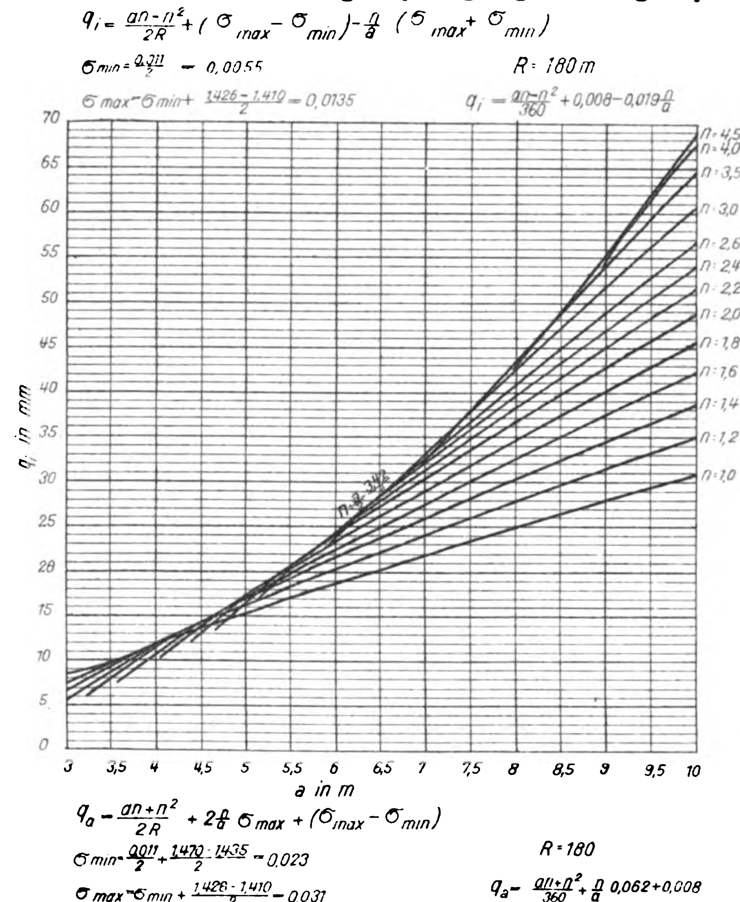


Abb. 2. Querspiel der Zwischenachsen aus der Mittelstellung. Spießgang in Regelspur.



I Sehnenlauf: $(n) = \frac{a}{2}$

II Spießgang: $[n] = \frac{a}{2} - 0{,}019\frac{R}{a}$

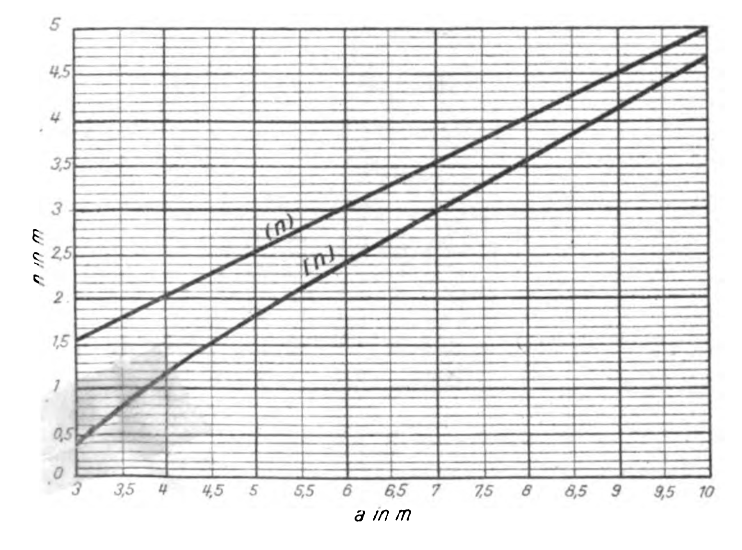


Abb. 3. Lage der Zwischenachse mit dem maximalen Querspiel $q_{i\,max}$.

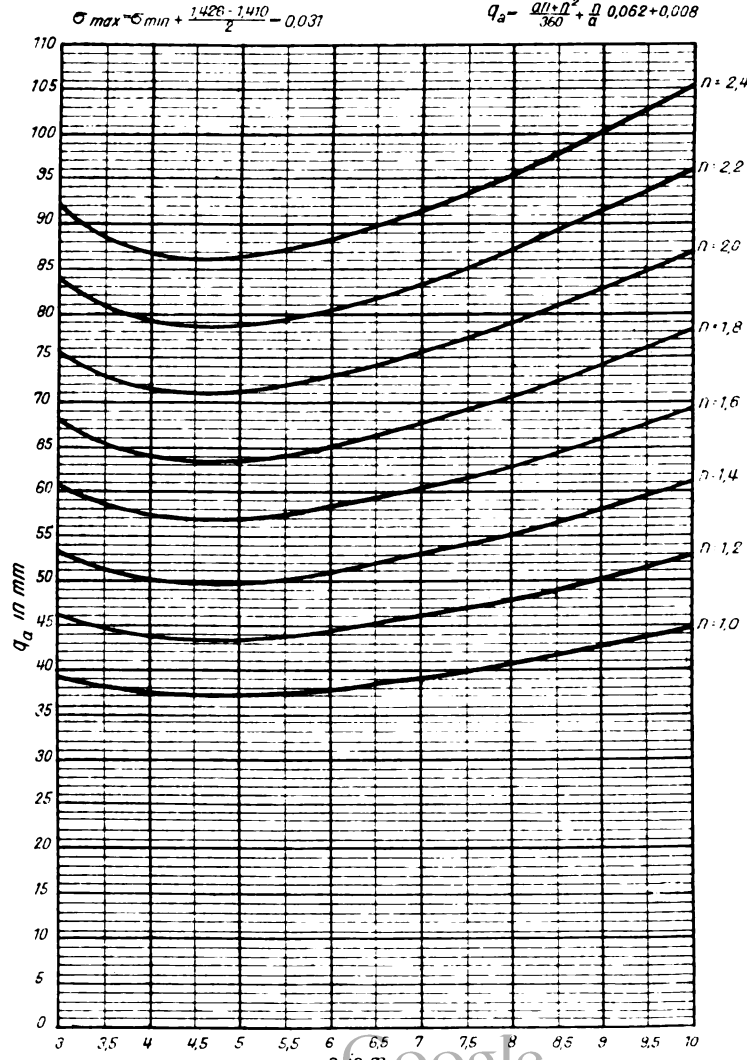


Abb. 4. Querspiel der Außenachsen aus der Mittelstellung. Spießgang in erweiterter Spur.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Zum Aufsatz: Zur Geometrie des Laufwerkes der Eisenbahnwagen.

Abb. 1. Querspiel der Zwischenachsen aus der Mittelstellung. Sehnenlauf.

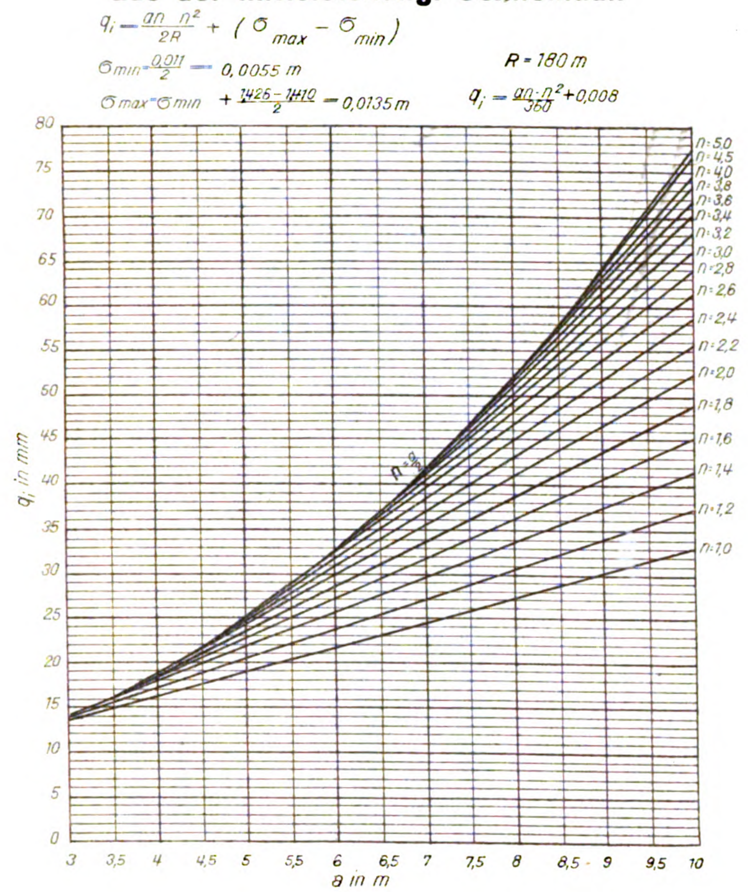
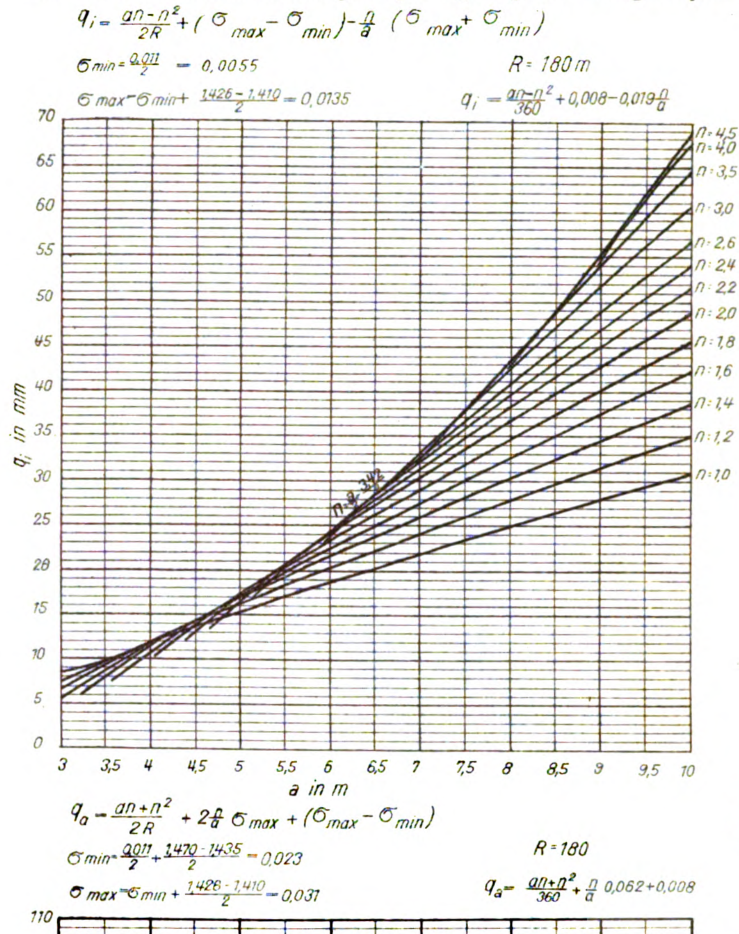


Abb. 2. Querspiel der Zwischenachsen aus der Mittelstellung. Spießgang in Regelspur.



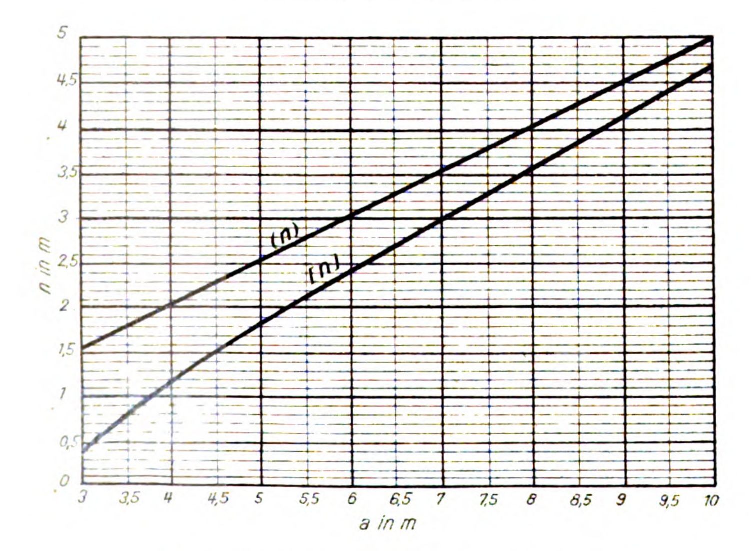


Abb. 3. Lage der Zwischenachse mit dem maximalen Querspiel $q_{i\,max}$.

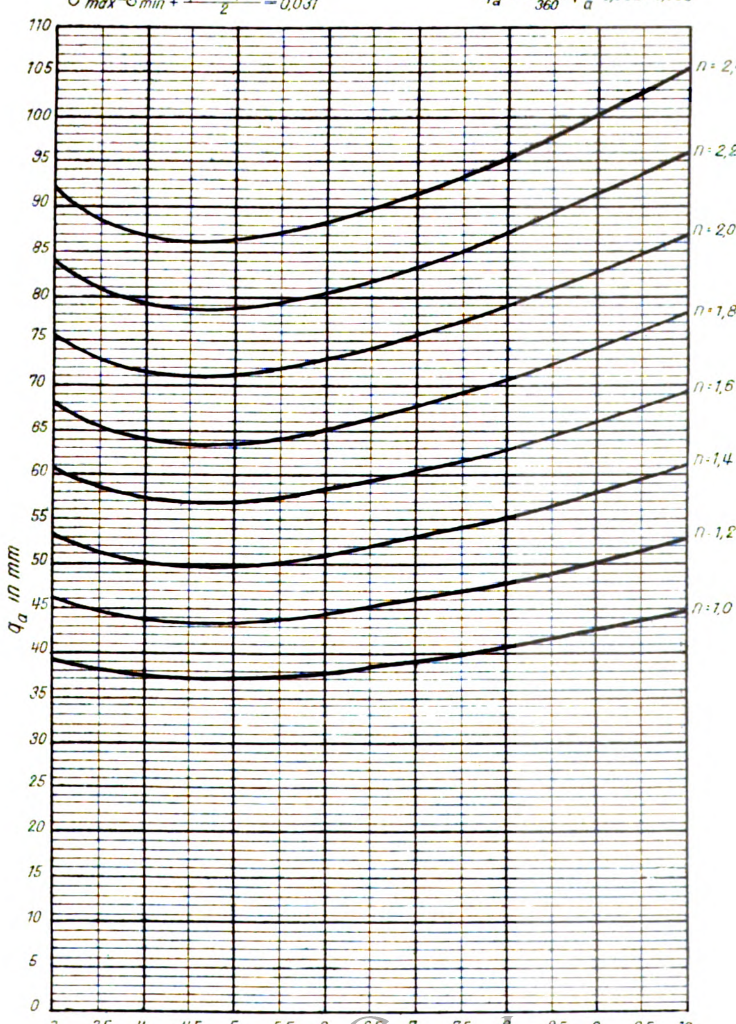


Abb. 4. Querspiel der Außenachsen aus der Mittelstellung. Spießgang in erweiterter Spur.

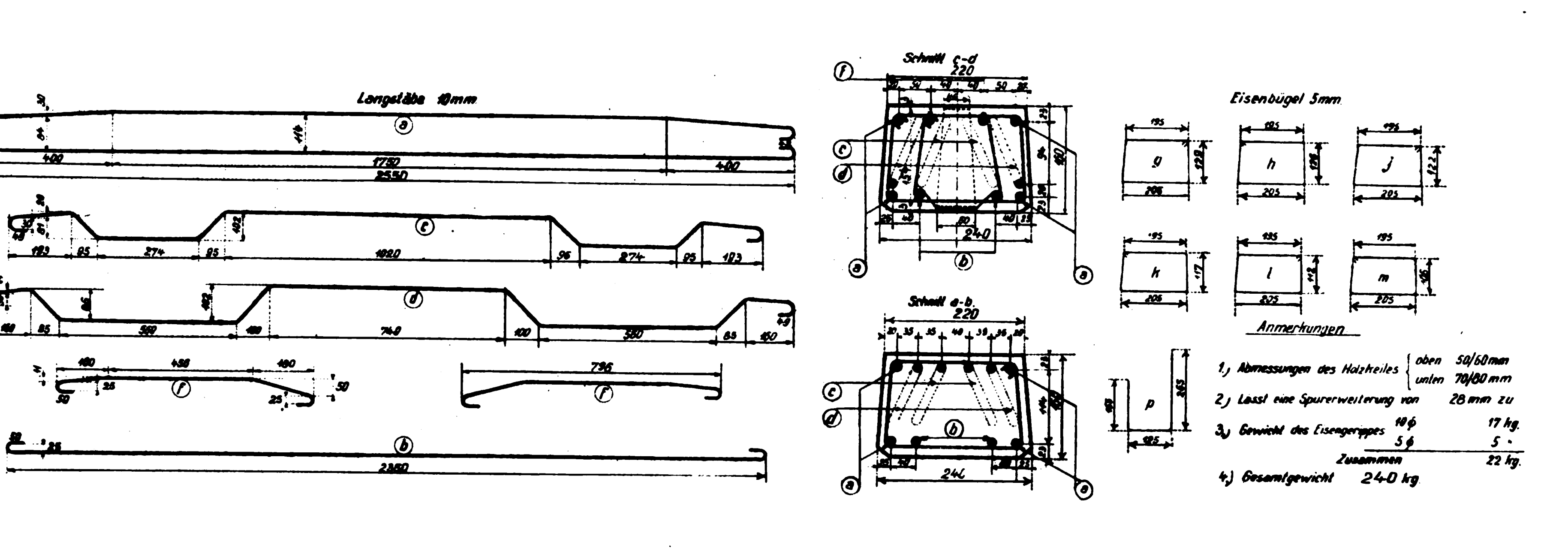
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

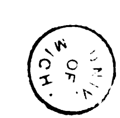
Die Eisenbetonschwelle der kön. ungar. Staatseisenbahnen.

Eisenbetonschwelle.

zum Oberbau 42·8 kg/m.

Längsschnitt.





Zum Aufsatz:
Sicherungsarbeiten an der Balaton- (Plattensee-) Bahn.

neue Bahnachse nach Umlegung der Bahnlinie
Bahnachse vor dem Absturz
Hochebene
Vor dem Sturz
Löss
alte Wasserfluss Sohle
Nach dem Sturz
Tonige Massen
Bahn
Balaton (Plattensee)
+100·8
Ton
+180 +170 +160 +150 +140 +130 +120 +110 +100
50 0 50 100 150 m.

Abb. 1.

Bahn
Balaton (Plattensee)
+100·8
1:6 1:3 1:4·8 1:1·5
+180 +150 +100 m.
70 60 50 40 30 20 10 0 10 20 30 m.

Abb. 2.

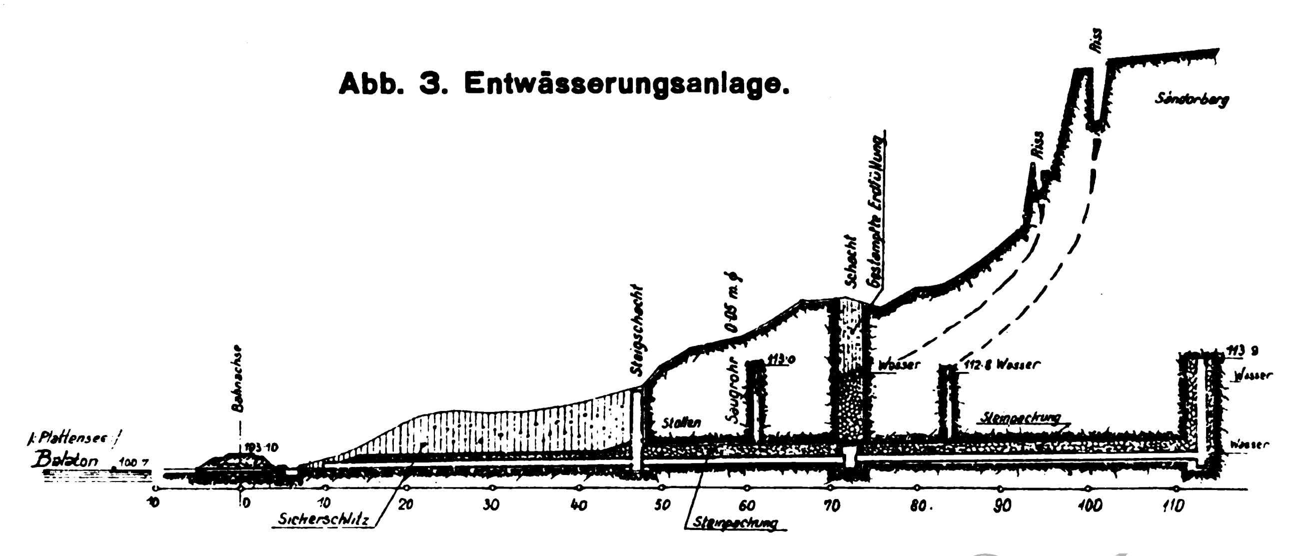
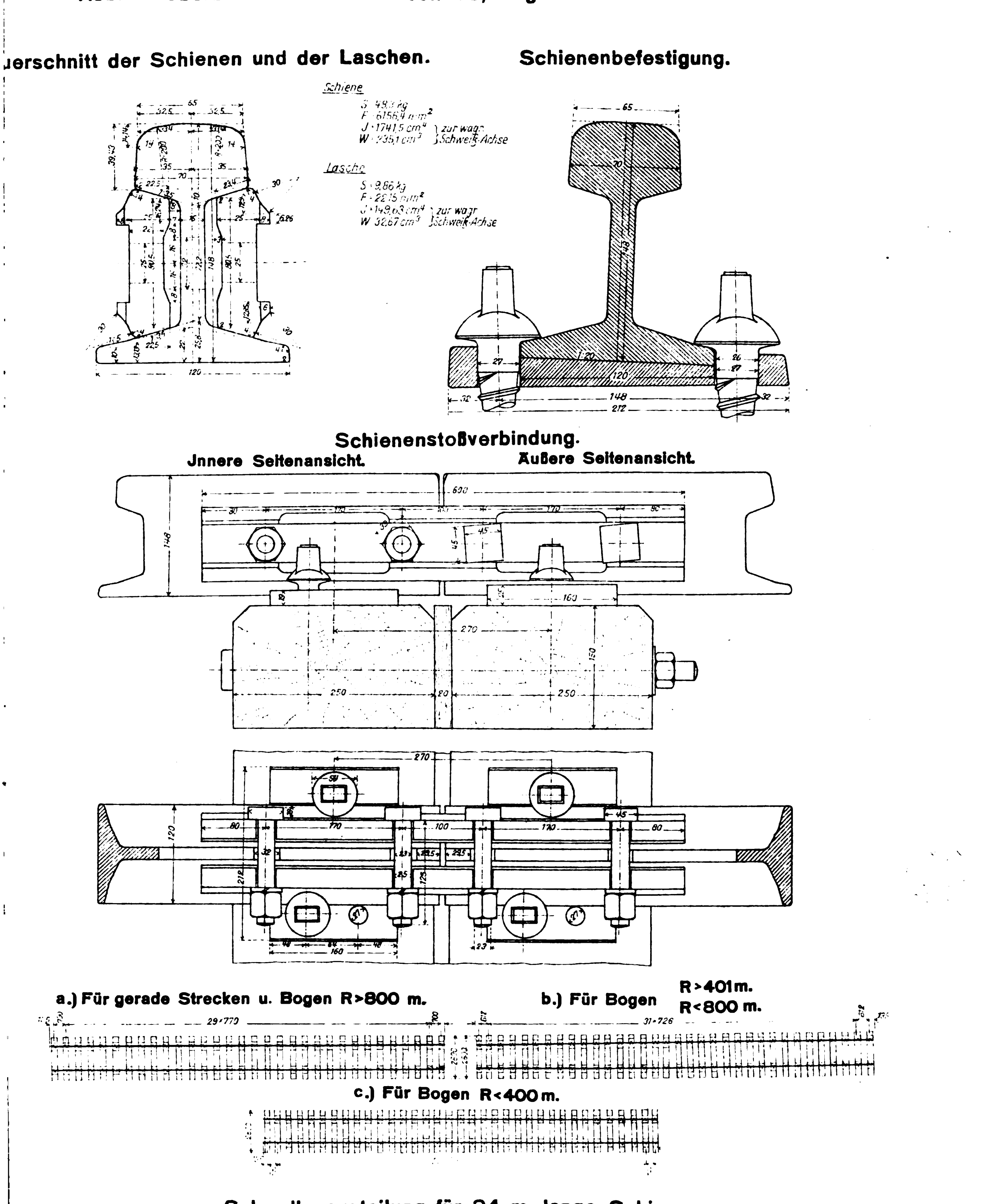


Abb. 3. Entwässerungsanlage.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt. C. W. Kreidel's Verlag, München.

Abb. 3. Oberbau mit Schienen von 48,3 kg auf Holz Querschwellen.



Schwellenausteilung für 24 m. lange Schienen.

C. W. Kreidel's Verlag, München.

1929
84. Jahrgang

Heft 20
15. Oktober

ORGAN

FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON Dr. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

84. Jahrgang **15. Oktober 1929** **Heft 20**

Neue Ergebnisse auf dem Gebiet der Verschleißforschung.

Von **Max Fink.**

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Untersuchung der bekannten Erscheinung, daß bei Abnutzungsversuchen, insbesondere solchen, die in der Hauptsache mit rollender Reibung ausgeführt werden, ein oxydierter Verschleißstaub anfällt. Durch Ausführung der Versuche in sauerstoffreien Gasen, zeigt es sich, daß man es hier, nicht wie man bisher angenommen hat, mit einer Nebenerscheinung beim Verschleißvorgang zu tun hat, sondern mit einer Komponente des Abnutzungsvorganges selbst. Die Oxydationskomponente spielt auch eine Rolle bei der Entstehung der Schienenriffeln.

Bei Abnutzungsprüfungen, die in Deutschland vorwiegend auf drei Arten von Prüfmaschinen vorgenommen werden, nämlich den Maschinen von Amsler, Mohr und Federhaff und Spindel, hat sich gezeigt, dass bei den Maschinen von Amsler und Mohr und von Federhaff, bei denen unter Druck zwei Prüfscheiben mit oder ohne Schlupf aufeinander abrollen können, sich ein dunkelbrauner bis schwarzer Abnutzungsstaub ergibt, der aus oxydiertem Eisen besteht, und zwar wie E. H. Schulz*) nachgewiesen hat (mit Hilfe des Wasserstoffreduktionsverfahrens), mit einem Sauerstoffgehalt von 19,78%, der sich dem theoretischen Sauerstoffgehalt des Eisenoxyduls (22,3%) nähert. Ebenso konnte der von den Strecken der Reichsbahn gesammelte Verschleißstaub als oxydiert festgestellt werden, was durch Untersuchung des Verschleißstaubes von der Kopfinnenseite einer im Außenstrang liegenden Schiene einer 180 m-Kurve auf der Steigungsstrecke Reichenhall/Kirchberg nach Hallthurm (1:25) bestätigt werden konnte. Bei den Prüfungen auf der „Spindel“maschine hingegen, die nur mit gleitender Reibung arbeitet und bei der eine langsam rotierende (35 Umdr. i. d. M.), 1 mm breite Eisenscheibe unter Druck (5 und 10 kg) in das zu untersuchende Material einschleift, ergibt sich nach Schulz ein fast ausschließlich metallischer Abnutzungsstaub (Sauerstoffgehalt: 0,96%).

Es kann jedoch auch bei rein gleitender Reibung ein Abnutzungsstaub auftreten, der oxydiert ist. So ist es eine bekannte Erscheinung, daß beim Bremsen der Räder eines Zuges durch das Schleifen der Bremsklötze auf den Radreifen die Werkstoffteilchen unter derartiger Wärmeentwicklung abgerissen werden, daß sie unter Funkensprühen oxydieren. Dasselbe ist beim Abschleifen von Metall auf einer schnell umlaufenden Schleifscheibe der Fall. Diese Erscheinung, bei der bereits abgerissene Werkstoffteilchen oxydieren, bei der also die Oxydation lediglich Begleiterscheinung ist, soll hier nicht näher untersucht werden.

Das Auftreten von Oxydation bei aufeinander reibenden Werkstoffteilchen hatten schon Eden, Rose und Cunningham 1911 beobachtet. Tomlinson, der dieser Erscheinung nachging, führte Versuche aus mit kleinen Stahl- und Glaskugeln auf geschliffenen Stahlplatten.

Was die kritische Auswertung dieser Oxydationserscheinung anlangt, so wurde von dieser Erscheinung entweder überhaupt keine Notiz genommen, oder man begnügt sich mit ihrer Feststellung, ohne daß weitere Schlüsse gezogen wurden. Eden, Rose und Cunningham glaubten, daß die Oxydation auf die wechselnden Spannungen im Werkstoff zurückzuführen sei. In einem Leitartikel des Engineering 1911, in dem diese Erscheinung besprochen wurde, wird dieser Erklärung entgegengetreten. Es wird dort vielmehr vermutet, daß durch Hinzutritt von Feuchtigkeit eine Korrosion des Metalls eingetreten sei. Als weitere mögliche Ursachen führt die Zeitschrift an, daß es sich um elektrolytische Vorgänge handeln könne. Auch führte man die Oxydation auf die Temperaturerhöhung beim Abnutzungsvorgang zurück, wie dies z. B. beim Abschleifen von Metall ja auch der Fall ist. Tomlinson verwirft alle diese Erklärungen und stellt auf Grund seiner Versuche, bei denen er 1,58 mm große Stahl- und Glaskügelchen auf geschliffenen Stahlplatten hin- und herrieb und dann das Auftreten von oxydiertem Werkstoff beobachtete, während er bei nur hin- und herrollender Bewegung keine Oxydationsprodukte beobachtete, eine Theorie auf, nach der die Oxydation an das Auftreten von tangentialen Kräften gebunden sei. Die Molekularkohäsion betrachtet er als eigentliche Ursache der Oxydation, wobei er anführt, daß die Oberflächenmoleküle sehr schwer senkrecht zur Oberfläche, dagegen leicht in tangentialer Richtung durch tangentiale Kräfte entfernt werden könnten. In einem solchen Falle würde beim Reiben zweier Körper aufeinander ein Molekül aus dem Körper herausgehoben werden und durch seine Kleinheit sofort sich mit dem Sauerstoff der Luft verbinden.

Diese Theorie wird einerseits widerlegt durch die Beobachtung an der Spindelschen Maschine, bei der in der Hauptsache tangentiale Kräfte zur Wirksamkeit kommen und trotzdem ein metallischer Staub anfällt, andrerseits durch Versuche an der Amsler und Mohr- und Federhaff-Maschine mit zwei aufeinander unter Druck abrollenden Prüfscheiben, die selbst bei rein rollender Reibung, also bei sicher sehr kleinen tangentialen Kräften einen Abnutzungsstaub liefern, der vollkommen oxydiert ist.

In Deutschland war man der Ansicht, daß kleine Teilchen beim Abnutzungsvorgang „abgeschliffen werden“ und infolge ihrer Kleinheit einer weitgehenden Oxydation unterliegen (Sitzungsbericht des Verschleißausschusses, Dresden, 31. Mai 1928). Eine andere Theorie, die sich jedoch hauptsächlich mit der Lostrennung der Werkstoffteilchen befaßt, ist die Kalthärtungstheorie, nach der der Werkstoff beim Abnutzungsvorgang derartig kalt verformt wird, daß durch die damit eintretende größere Sprödigkeit Werkstoffteilchen abblättern (Meyer und Nehl).*)

Die Erscheinung des oxydierten Verschleißstaubes wurde, wenn überhaupt beachtet, lediglich als Nebenerscheinung beim Abnutzungsvorgang aufgefaßt.

Die erwähnten Versuche von Meyer und Nehl, die auf einer Amsler-Abnutzungsmaschine durchgeführt wurden und bei welchen bei einem Anpreßdruck von 50 und 100 kg nur rollende Reibung verwendet wurde, überraschen insofern, als bei einer verhältnismäßig geringen Kraftwirkung in tangentialer Richtung in der Hertzschen Druckfläche und einem Werkstoff, der im einen Fall 34, im andern 61,7 kg/mm² Festigkeit hatte, Abnutzung eintrat und zwar, wie bei allen Versuchen mit einem Anteil rollender Reibung, mit einem schwarzen Abnutzungsstaub. Die beiden Forscher haben die Abnutzung mit der bereits oben erwähnten Kalthärtungstheorie erklärt. Der abgenutzte Stoff wurde als feinblättriges schwarzes Pulver gefunden, das sich infolge

*) Werkstoffausschußbericht.

*) Werkstoffausschußbericht.

seiner großen Sprödigkeit zwischen den Fingern verreiben läßt. Eine chemische Untersuchung wurde nicht angegeben.

Die vorliegende Arbeit geht nun von der Überlegung aus, daß im Falle nur rollender Reibung eine Ablösung von Werkstoffteilchen unwahrscheinlich ist. Der oxydierte Verschleißstaub weist vielmehr auf die Beteiligung des Luftsauerstoffs beim Abnutzungsvorgang hin. In den Versuchsplan wurde daher, um die Rolle des Luftsauerstoffs klarzustellen, Verschleißversuche in sauerstoffreien, möglichst wenig reagierenden Gasen, wie z. B. Stickstoff aufgenommen. Daneben wurden, um einen Vergleichsmaßstab zu haben, Versuche unter den gleichen Bedingungen in Luft vorgenommen.

Versuchseinrichtung.

Die Abnutzungsprüfungen wurden auf einer Amsler-Abnutzungsprüfmaschine durchgeführt, welche von der Firma Alfred I. Amsler & Co., Schaffhausen (Schweiz), in entgegenkommender Weise für die Versuche zur Verfügung gestellt wurde und wofür ihr an dieser Stelle gedankt sei.

Der Abnutzungsvorgang bei der Amsler-Maschine beruht darauf, daß zwei Prüfscheiben von 40 bis 50 mm Durchmesser

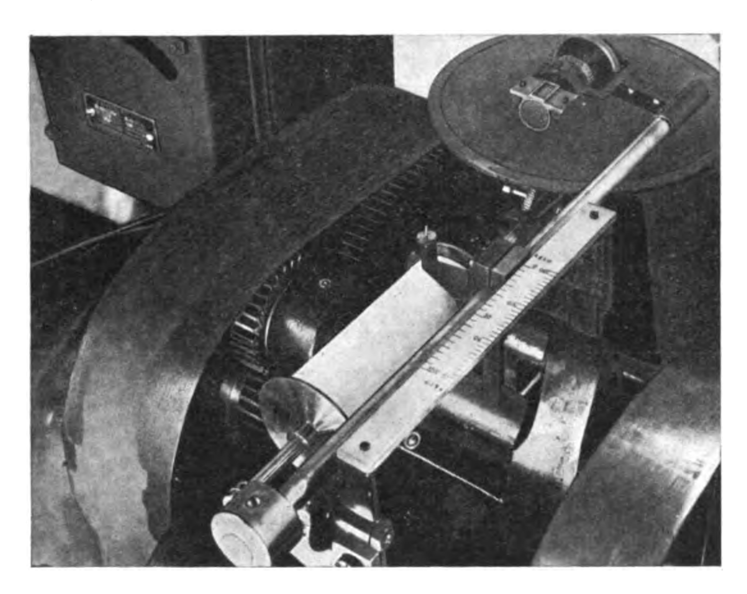


Abb. 1. Reibungsmomentmesser (Zahndruckwaage) und Integriervorrichtung der Amsler-Maschine.

und 10 mm Breite aufeinander unter einstellbarem Druck (50 bis 250 kg) mit oder ohne Schlupf abrollen, bei einer ungefähren Drehzahl von 250 i. d. Minute. Durch Feststellen der oberen Welle, die in einer aufklappbaren Schwinge gelagert ist, können Versuche mit 100% Schlupf durchgeführt werden (reine Gleitung).

Die Amsler-Maschine besitzt eine Zahndruckwaage, mit deren Hilfe man das Reibungsmoment zwischen den beiden Prüfrollen laufend verfolgen und aufzeichnen lassen kann. Mit dieser Zahndruckwaage ist ein Integriermechanismus (Abb. 1) verbunden, dessen Integrierrolle auf einer proportional der Drehzahl der Maschine umlaufenden Scheibe abläuft, wodurch die während des Abnutzungsvorganges zwischen den Prüfscheiben verbrauchte Arbeit abgelesen werden kann. Die Welle, welche die untere Püfscheibe trägt dreht sich 1,1mal schneller als die obere, so daß bei gleichem Prüfscheibendurchmesser die Maschine mit etwa 10% Schlupf arbeitet. Die gewünschten Schlupfgrade werden durch entsprechende Bemessung der Prüfscheiben hergestellt. Sollen Versuche mit nur rollender Reibung ausgeführt werden, so wird durch Verschieben des Zahnrades, das die obere Welle antreibt, die Zwangläufigkeit der oberen Prüfscheibe ausgeschaltet und die obere Prüfscheibe wird durch die untere mitgenommen.

Zur Vornahme der Versuche in verschiedenen Gasen wurde an der Maschine eine Gaszelle angebracht, die aus einem zylindrischen Glaskörper besteht, der an der Seite durch 8 mm dicke Gummiplatten abgedichtet ist. Der zylindrische Glasteil hat den Vorzug, daß der Abnutzungsvorgang beobachtet werden kann.

Diese Ausführung der Gaszelle wurde jedoch verlassen, weil die Abdichtung der Wellen nicht vollständig zu erreichen war, und sich infolgedessen ein verhältnismäßig großer Gasverbrauch ergab. Die neue Gaszelle (Abb. 2) wurde zweiteilig und ganz aus Gummi hergestellt, die beiden Hälften werden unmittelbar an die Lagerkörper der Maschine angeflanscht, während die Mittelflansche durch zwei eiserne Ringe gasdicht zusammengepreßt werden.

Die Reinigung der Gase von Sauerstoff erfolgte derart, daß das Gas zunächst in konzentrierter Schwefelsäure getrocknet, dann über glühende Kupferspäne, durch drei mit gelbem Phosphor gefüllte Absorptionstürme und anschließend noch durch je eine Waschflasche mit Wasser und Kalilauge und einen Trockenturm geleitet wurde. Zur Entfernung der Luft aus der Gaszelle wurde vor jedem Versuch der Gasstrom ungefähr $1/2$ bis $3/4$ Stunde lang durchgeleitet.

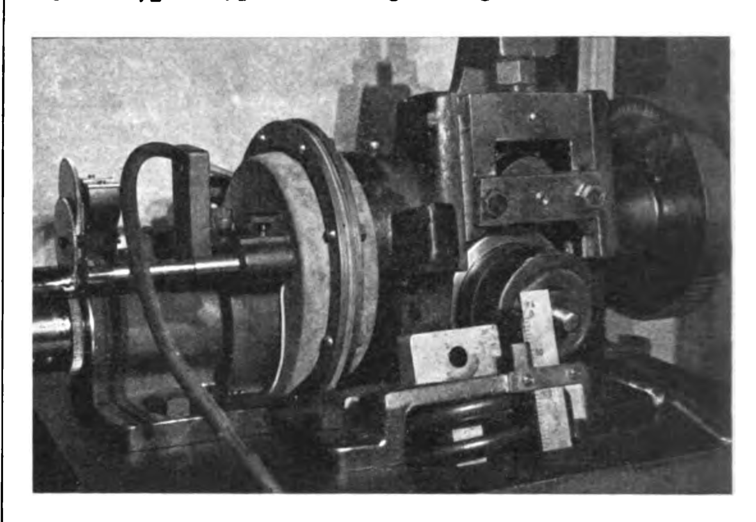


Abb. 2. Gaszelle, die die beiden aufeinander laufenden Prüfscheiben umgibt.

Versuchsergebnisse.

Als Werkstoffe für die Untersuchungen standen Stähle verschiedenen Kohlenstoffgehaltes, V 2 A-Stahl und Kupfer zur Verfügung. Die Stähle wurden von dem Stahlwerk Böhler in Düsseldorf-Oberkassel geliefert. Der V 2 A-Stahl wurde von der Firma Krupp zur Verfügung gestellt.

Für die vorliegenden Versuche wurde in der Hauptsache ein Radreifenstahl ausgeglüht verwendet.

Daten: C = 0,65%, Mn = 0,38%. Si = 0,42%. P = 0,03%. S = 0,025%.

Festigkeit: 81,8 kg/mm². Dehnung: 13,8%.
Einschnürung 24,9% (Normal-Langstab).
Brinellhärte: (H 10/3000/30) $H_n = 216$.
Kerbzähigkeit: 4,46 mkg/cm².
Dauerschlagzahl: (A = 6 cmkg) 106400.

Zunächst wurden die Versuche in Luft bei einem Druck von 50 kg und einem Schlupf von 1% vorgenommen, um die Größenordnung der Abnutzung und die Art des Abnutzungsstaubes zu bestimmen. Die Prüfscheiben konnten auf einer Werner-Schleifbank auf $^1/_{100}$ mm genau geschliffen werden. Die Rollen, vor allem die Lauffläche, wurden nach dem Schleifen sorgfältig mit Xylol gereinigt, dann nach Trocknung, auf einer chemischen Analysenwaage auf vier Dezimalen genau gewogen und auf die Wellen aufgesetzt.

Um über die Größenordnung der Abnutzung ein Bild

zu bekommen, sind im folgenden die ermittelten Gewichte vor und nach dem Versuch mitgeteilt.

Abnutzungsversuche, Messung, nach je 50000 Umdrehungen. Anpreßdruck der beiden Prüfrollen 50 kg, Schlupf 1%.

Die chemische Untersuchung des Abnutzungsstaubes ergab zunächst, bei der Prüfung mit Rhodankalium, daß kein Fe_3 vorhanden war. Die Bestimmung des Fe und Fe_2 geschah nach der Reinhardtschen Methode durch Titration mit $KMnO_4$. Die Einwaage war jedesmal 0,1000 g. Der Titer der $KMnO_4$-Lösung war so bemessen, daß einem cm^3 0,00622 g Eisen entsprachen. Die Einwaage wurde in 30 cm^3 Salzsäure (spez. Gew. 1,19) unter Erwärmen gelöst. Etwa vorhandenes Eisen(3)chlorid, wurde durch tropfenweises Zugeben von Zinn(2)chlorid reduziert, der Überschuß von Zinn(2)chlorid durch 10 cm^3 Quecksilber(2)chlorid entfernt.

	g	g	g	g
Gewicht der oberen Rolle vor dem Versuch	101,3559	101,2217	101,0189	100,8387
Gewicht der oberen Rolle nach dem Versuch	101,2217	101,0189	100,8387	100,6724
Gewichtsverlust	0,1342	0,2028	0,1802	0,1663
Gewicht der unteren Rolle vor dem Versuch	82,7569	82,5974	82,4651	82,3416
Gewicht der unteren Rolle nach dem Versuch	82,5974	82,4651	82,3416	82,2216
Gewichtsverlust	0,1595	0,1323	0,1235	0,1200

Vor der Titration wurden der Lösung 10 cm^3 Mangan(2)-sulfatphosphorsäurelösung zugesetzt zur Verhinderung der Bildung von Chlor- oder unterchloriger Säure, wodurch ein höherer Verbrauch an $KMnO_4$ hervorgerufen worden wäre. Die Phosphorsäure erleichtert die Erkennung der Rosafärbung bei der Titration, da die Gelbfärbung durch das Eisen(3)-chlorid behoben wird und sich nur farblose, komplexe Eisensalze bilden. Zur Kontrolle und eventuellen Korrektur wurden, mit den Lösungen jeweils Leerversuche angestellt.

Bei einer herausgegriffenen Reihe von Titrationen ergaben sich die folgende Werte. Abgelesen wurde die Anfangs- und Endstellung des Flüssigkeitsspiegels an der Meßbürette.

	cm^3	cm^3	cm^3	cm^3	cm^3
Endstellung	26,2	38,9	13,3	38,5	25,9
Anfang	13,5	26,1	0,6	25,7	13,2
Verbrauch	12,7	12,8	12,7	12,8	12,7

Als Mittelwert ergibt sich hieraus ein Verbrauch von 12,74 cm^3 und damit in Prozente umgerechnet ein Gehalt an Fe gesamt:

$$\frac{12{,}74 \cdot 0{,}00622}{0{,}1} \cdot 100 = 79{,}25\,\%.$$

Der theoretische Wert des Gehaltes von (Fe O) an Fe ist 77,75%, so daß der vorliegende Wert von 79,25% diesem sehr nahe kommt.

Nunmehr wurde der Abnutzungsvorgang nach Anbringung der Gaszelle in sauerstoffreiem Stickstoff unter gleichen Bedingungen wie bei den Versuchen in Luft vorgenommen. (50 kg Anpreßdruck, 1% Schlupf, Messung nach 50000 Umdrehungen.) Es ergaben sich z. B. bei einem herausgegriffenen Versuch folgende Werte:

	g
Gewicht der oberen Prüfscheibe vor dem Versuch	101,0010
Gewicht der oberen Prüfscheibe nach dem Versuch	101,0010
Gewichtsverlust	0,0000
Gewicht der unteren Prüfscheibe vor dem Versuch	82,1530
Gewicht der unteren Prüfscheibe nach dem Versuch	82,1530
Gewichtsverlust	0,0000

Ebenso ergaben sich bei nur rollender Reibung unter Beibehaltung des Anpreßdruckes von 50 kg und Messung nach 50000 Umdrehungen bei einem herausgegriffenen Versuch folgende Werte:

	g
Gewicht der oberen Prüfscheibe vor dem Versuch	101,0210
Gewicht der oberen Prüfscheibe nach dem Versuch	101,0210
Gewichtsverlust	0,0000
Gewicht der unteren Prüfscheibe vor dem Versuch	82,6810
Gewicht der unteren Prüfscheibe nach dem Versuch	82,6810
Gewichtsverlust	0,0000

Es tritt also bei den Versuchen in sauerstofffreiem Stickstoff kein Gewichtsverlust also keine Abnutzung auf.

Diese Versuche zeigen zunächst, daß wir beim Abnutzungsvorgang in Luft in der Hertzschen Druckfläche es nicht nur mit Vorgängen rein mechanischer Art zu tun haben, sondern auch mit mechanisch-chemischen Prozessen rechnen müssen.

Weiterhin wird durch die Versuche bewiesen, daß die Ansicht, daß sich von der Oberfläche kleinste Teilchen lösen nicht richtig sein kann, denn dann müßten bei den Versuchen in Gasen metallische Teilchen als Abnutzungsprodukt anfallen und so zu einem Gewichtsverlust führen.

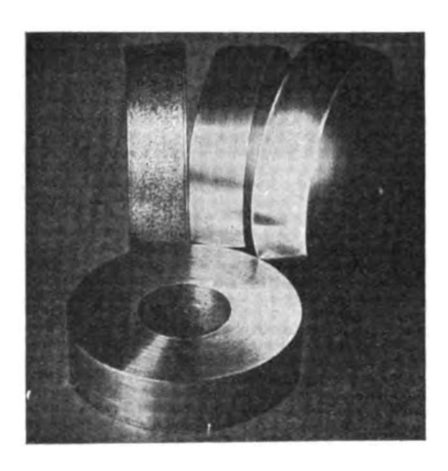


Abb. 3. Laufflächenbeschaffenheit von Prüfrollen. Links: in Luft abgenutzte Prüfscheibe; Mitte: Geschliffene, dem Abnutzungsprozeß noch nicht unterworfene Prüfscheibe; Rechts: In inertem Gas spiegelnd verformte Prüfscheibe.

Die Lauffläche der Prüfscheiben wurde bei den Versuchen in sauerstoffreien Gasen nach einer gewissen Zeit spiegelblank, was durch das Glas der zuerst benutzten Gaszelle hindurch gut beobachtet werden konnte. Das unten wiedergegebene Lichtbild (Abb. 3) zeigt in der Mitte eine auf der Schleifbank geschliffene Prüfscheibe, also vor dem Versuch, links eine Prüfscheibe nach dem Abnutzungsversuch in Luft mit der aufgerauhten Lauffläche und rechts eine Prüfscheibe nach dem Abnutzungsversuch in sauerstoffreiem Stickstoff, wobei man die gute Spiegelwirkung durch die vorgelegte Scheibe, besonders gegenüber der mittleren, geschliffenen Scheibe beobachten kann.

Gleichzeitig mit dem Auftreten der spiegelnden Oberfläche sank das Reibungsmoment langsam und stetig auf kleinere Werte ab.

Das beigefügte Diagramm (Abb. 4) zeigt den Verlauf des Reibungsmomentes, wie ihn der Stift der an der Amsler-Maschine angebrachten Zahndruckwaage auf dem langsam umlaufenden Diagrammpapier aufzeichnet. Es wurden bei diesem Versuch zwei Prüfscheiben verwendet, die zunächst in Luft sich bei 1% Schlupf und 50 kg Anpreßdruck „ein-

gelaufen“ hatten, das heißt bis die Oxydation an der Oberfläche bzw. Lauffläche der Prüfscheiben gleichmäßig erfolgte. Dann wurden diese Prüfscheiben, die auf dem Diagrammpapier ein Reibungsmoment von 33 cmkg in Luft ergeben hatten dem Abnutzungsversuch in Gas unterworfen. Dabei ergab sich die oben wiedergegebene abfallende Reibungsmomentenkurve. Bei der stark abfallenden Stelle trat auf den Laufflächen Hochglanz ein. Die dauernde Aufzeichnung des Momentes, das an der Berührungsstelle der beiden Prüfscheiben übertragen wurde, erwies sich als sehr empfindlicher Nachweis der Sauerstoffreinheit der durch die Gaszelle strömenden Gase. So wurde z. B. bei einem Versuch mit Radreifenstahl bei 1% Schlupf und 50 kg Anpreßdruck unter

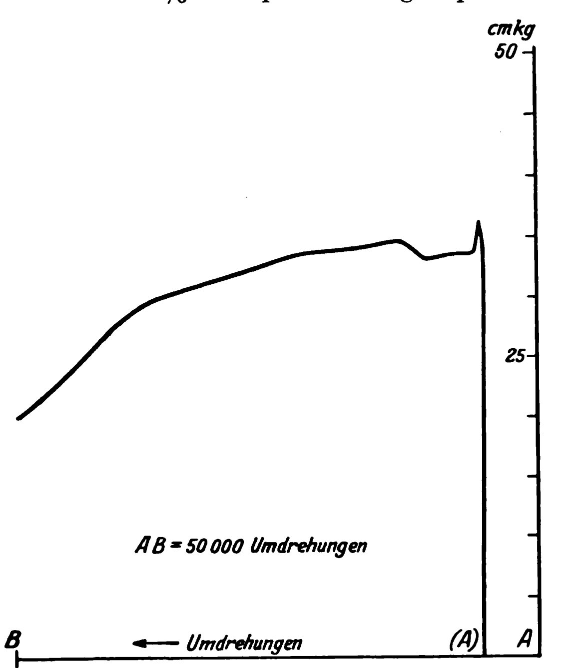


Abb. 4. Abnahme des Reibungsmomentes zwischen zwei zunächst in Luft aufeinander eingelaufenen Prüfscheiben beim Abnutzungsversuch in inertem Gas.

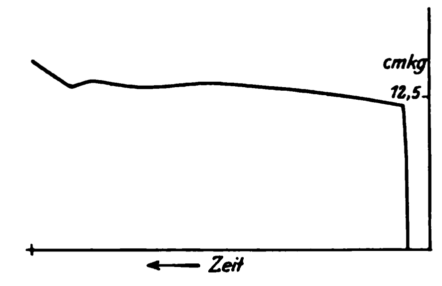


Abb. 5. Abnutzungsversuch in inertem Gas. Ansteigen des Reibungsmomentes zwischen zwei Prüfrollen beim Verunreinigen mit Sauerstoff.

sauerstoffreiem Stickstoff dasunten wiedergegebene Diagramm (Abb. 5) gefunden mit einem Reibungsmoment von ungefähr 13 cmkg. Gegen Ende des Versuches wurde nun der durch die Apparatur fließende Gasstrom in seiner Geschwindigkeit gesteigert, so daß die Reinigung des Gases auf Sauerstoff nicht mit der Gründlichkeit erfolgte wie bei langsamem Durchströmen. Dies verursachte fast augenblicklich den auf dem Diagramm sichtbaren Anstieg der Momentenkurve. Ebenso rasch konnten die Spuren Sauerstoff auf den spiegelnden Laufflächen festgestellt werden, die (während des Laufens) dunkle Schatten bekamen.

Der Reibungskoeffizient der rollenden Reibung muß sich also bei zwei aufeinander rollenden Scheiben oder Rädern schon bei einer fast molekularen Oxydation an der Lauffläche vergrößern. Dies dürfte von Wichtigkeit sein bei der exakten Bestimmung des Reibungswertes zweier aufeinander rollender Scheiben.

Eine weitere bemerkenswerte Erscheinung ist die, daß bei den Versuchen in sauerstoffreien Gasen (50 kg Anpreßdruck 1% Schlupf) im Gegensatz zu den Abnutzungsversuchen in Luft keine Riffeln auftraten. Auch zeigte sich, daß eine Prüfrolle, die bereits Riffeln von einem Versuch in Luft her hatte, diese beim Weiterführen des Versuches in sauerstofffreiem Gas verlor und daß die Lauffläche spiegelblank wurde.

Nunmehr wurden nochmals Versuche in Luft mit einem Kruppschen V2A-Stahl durchgeführt, der bekanntlich bis zu hohen Temperaturen sauerstoffbeständig ist. Die Versuche sollten der Erforschung der Vorgänge auf den Laufflächen der Prüfscheiben dienen und wurden deshalb jeweils nach einiger Zeit unterbrochen, um die Laufflächen unter einem Binokularmikroskop zu betrachten. Es sei vorweggenommen, daß der Verschleiß aus 50000 Umdrehungen etwas größer als der des Radreifens, aber in derselben Größenordnung war. Nachdem die Rollen in der bereits oben beschriebenen Weise genau geschliffen, gereinigt und auf den Wellen befestigt waren, wurde mit den Versuchen begonnen. (50 kg Anpreßdruck 1% Schlupf.) Bei der Betrachtung der Rollenlauffläche zeigt sich diese zunächst infolge der Drehung in einem silbergrauen metallischen Glanz, jedoch nicht spiegelglänzend. Nach ganz kurzer Laufzeit bemerkt man auf der Lauffläche einen dunkeln Schatten, der sich hin und her bewegt, das sind die Stellen an denen sich die Laufflächen der Prüfrollen berühren, denn es ist auch mit dem genauesten Schleifen nicht zu erreichen, daß die Rollen sich sofort auf der ganzen Breite der Lauffläche berühren. Nimmt man nun die Rollen ab und betrachtet die Lauffläche gegen das Tageslicht, so sieht man, daß die auf den Laufflächen sichtbar gewesenen „dunkeln Schatten“ nunmehr gelb aussehen. Der Versuch wird fortgesetzt und die dunkeln Stellen verbreitern sich weiter über die Lauffläche der Rollen. Nimmt man die Prüfscheiben nach einer gewissen Zeit wieder ab, so bemerkt man eine ganze Reihe von Farben, die nichts weiter sind als Anlauffarben, von Strohgelb über Rot, Braun zum Violett. Die Oxydation ist also eine molekular fortschreitende mit immer dicker werdender Oxydschicht. An den am tiefsten violett gefärbten Stellen treten nun graue Farben auf, die in ihrem Innern schwarze Stellen aufweisen, die bereits das Eisenoxydul sein dürften, das nachher von der Lauffläche abfällt. Bis zu diesem Punkt nimmt das Gewicht der Rollen durch die Aufnahme des Luftsauerstoffs zu (bei einer Rolle wurde z. B. 1,2 mg Gewichtszunahme festgestellt), was in den bis jetzt veröffentlichten Abnutzungskurven, die von Anfang an eine Gewichtsverminderung verzeichnen, nicht berücksichtigt worden ist. Ein Teil des Oxydstaubes fällt in feiner Form zu Boden, ein anderer Teil fällt auf die untere Rolle, wobei er durch das Aufeinanderrollen der Scheiben zu kleinen Blättchen gewalzt wird, die sich in die Lauffläche der unteren Rolle hineindrücken, von dort aber durch die Verformung beim Durchgang durch die Hertzsche Druckfläche wieder herausgehoben werden und dann abfallen. Der Verschleißstaub setzt sich daher aus feinem schwarzem Staub und aus größeren Blättchen zusammen. Auch zeigt die Lauffläche der unteren Rolle daher immer eine viel narbigere Lauffläche als die obere.

Es hat sich also gezeigt, daß der sonst gegen Sauerstoffangriff beständige V2A-Stahl bei den Abnutzungsversuchen oxydiert. Wir haben es hier jedenfalls mit einer ganz besonderen Oxydationserscheinung zu tun. Werden die Rollen nicht in der oben angegebenen Weise gereinigt, sondern setzt man die Prüfrollen nach dem Drehen oder Schleifen vorsichtig, ohne die Laufflächen zu berühren, in die Abnutzungsmaschine ein, so zeigt sich, daß die Lauffläche beim Abnutzungsprozeß

zunächst anfängt zu spiegeln, wie dies unter sauerstoffreiem Gas beobachtet werden konnte. Es muß sich also beim Drehen oder Schleifen auf der Lauffläche ein molekulares Oxydhäutchen bilden, das die darunterliegenden Schichten zunächst vor Oxydation schützt. Beim Reinigen der Rollen scheint dieses Häutchen entfernt zu werden, so daß dann keine Spiegelung beobachtet wird. (Vergl. das Auftreten von Spiegelung bei einigen Rollen der Versuche von Meyer und Nehl.)

Die Lauffläche der Prüfscheiben prägt den kleinen Blättchen das Abbild der metallischen Lauffläche auf und wir haben die merkwürdige Erscheinung, daß diese Blättchen leicht für metallisch gehalten werden können, da sie einen gewissen Glanz aufweisen. Besonders auffällig ist dies bei den V2A-Rollen, bei welchen die Blättchen silbergrau sind; sobald man sie jedoch im Mörser zerreibt, zerfallen sie zu schwarzem Pulver.

Bei den Kupferprüfscheiben konnten ebenfalls in der schrägen Aufsicht, nach einer gewissen Laufzeit des Abnutzungsvorganges Anlauffarben beobachtet werden; in der senkrechten Aufsicht waren die Rollen gelbbraun. Als Verschleißstaub blätterte ein schwarzes Pulver ab, so daß es scheint, als ob sich bei Kupfer zuerst nach allmählicher Oxydation das Kupferoxydul bildet, das aber noch auf den Rollen haftet; erst wenn die Oxydation zu schwarzem Kupferoxyd vollzogen ist, tritt ein Abblättern dieses Oxydationsproduktes ein.

Die Oxydation des Kupfers, die hier verhältnismäßig rasch eintritt, steht, ebenso wie bei dem V2A-Stahl, in Gegensatz zu seinem sonstigen Verhalten, da Kupfer zu den Stoffen gehört, die nur langsam oxydieren.

Eine auf den Laufflächen verbleibende Oxydschicht kann einen gewissen Schutz der darunter liegenden Metallschicht ausüben.

Theorie.

Zur Erklärung dieser Oxydationserscheinung, die kurz mit dem Namen Walzoxydation bezeichnet sei, wurde folgende Theorie aufgestellt.

An der Berührungsstelle der unter Druck aufeinander gepreßten Prüfscheiben bildet sich die von den Hertzschen Untersuchungen her bekannte Druckfläche aus. Rollen nun die beiden Scheiben unter Druck aufeinander ab, so wird die Luft, die die Lauffläche umgibt oder die infolge von Adsorption an der Lauffläche der Rollen haftet mit in die kleine Druckfläche hineingezogen. Da nun die beiden Metalloberflächen sich an der Berührungsstelle unter Druck verformen, so werden die Laufflächenunebenheiten sich entweder gegenseitig ausfüllen oder aber so verformt werden, daß die Luft nunmehr nur einen sehr geringen Raum zur Verfügung hat, sie wird also in den sehr kleinen Hohlräumen verdichtet, und vor allem in innige Berührung mit dem Werkstoff gebracht. Da der Hindurchgang eines Punktes der Rollenlauffläche durch die Druckfläche schon bei verhältnismäßig geringen Rollgeschwindigkeiten sehr rasch vor sich geht, so wird auch die Luft sehr rasch verdichtet. Es liegt also im Bereich der Möglichkeit, daß die Luft infolge der Verdichtung auch eine höhere Temperatur annimmt, besonders da die Luftmengen klein sind. Es ist aber zunächst unwahrscheinlich, daß die Luft so hohe Temperaturen annimmt, besonders in Berücksichtigung der guten Leitfähigkeit der Metalle, daß damit eine Oxydation des doch sehr beständigen V2A-Stahls erklärt werden könnte. Auch tritt Oxydation z. B. auf bei gleitender Reibung und geringen Flächendrucken, bei welchen eine Wegnahme von Werkstoffteilchen nicht eintritt und bei der die eintretende Oxydation nicht mit einer Temperaturerhöhung innerhalb der durch Verformung verkleinerten Hohlräume erklärt werden kann.

Die Erscheinung der Adsorption spielt hier wohl eine wesentliche Rolle.

Wenn man annimmt, daß die Luft bereits unter einem gewissen höheren Druck an der Werkstofflauffläche haftet, so genügen bereits geringe Verdichtungsgrade in den Hohlräumen, um diese (bei Raumtemperatur) vorhandenen höheren Drucke noch entsprechend zu steigern, wobei eine Temperaturerhöhung lediglich entsprechend dem Verdichtungsgrad, nicht jedoch dem effektiven Enddruck gemäß auftritt.

Demnach würde es sich um Vorgänge handeln, bei welchen hohe Gasdrücke auftreten, bei verhältnismäßig geringen Temperaturerhöhungen, die überdies noch durch die gute Leitfähigkeit der metallischen Werkstoffe in ihrer Wirkung wesentlich herabgesetzt werden. So wurde selbst nach sehr langem Lauf der Abnutzungsmaschinen weder bei 1% Schlupf noch bei nur rollender Reibung eine fühlbare Wärme der Rollenlaufflächen festgestellt.

Auch eine möglicherweise auftretende Verformungswärme würde infolge der Schnelligkeit des Vorganges nicht zur Wirkung kommen.

Bei den vorliegenden Untersuchungen über den Abnutzungsvorgang haben wir es mit einer dauernden Umsetzung entsprechend einer dauernden Verschiebung des folgenden Gleichgewichts nach rechts zu tun:

$$2\ Fe + O_2 = 2\ FeO.$$

Betrachten wir die Volumina der einzelnen in Reaktion tretenden Stoffe, so sehen wir, daß auf der linken Seite neben dem festen Eisen das Gasvolumen des Sauerstoffs steht, dagegen auf der rechten Seite das Volumen des festen Eisenoxyduls.

Gegenüber dem Rauminhalt des Gases auf der linken Seite ist der der festen Stoffe klein, so daß ein solches Gleichgewicht nach dem Le Chatelierschen Prinzip sich bei Anwendung von Druck nach der rechten Seite verschiebt, wo die Produkte mit den kleineren Volumen entstehen.

Da der entstehende Körper bei dem Abnutzungsprozeß durch die auftretenden Kräfte dauernd ausfällt, so kann die Verschiebung des Gleichgewichts nach rechts bis zum völligen Aufbrauchen der Stoffe weitergehen.

Bisher hatte man mit zwei Erscheinungen des Verschleißes gerechnet:

1. der mechanischen Wegnahme von Teilchen,
2. der Kaltverformung und Kalthärtung.

Schon oft war darauf aufmerksam gemacht worden, daß Härte und Zugfestigkeit in geringem Zusammenhang mit dem Abnutzungswiderstand zu stehen scheinen. So nimmt z. B. Robin an, daß nicht nur die Härte, sondern auch die Dehnbarkeit eine Rolle spiele. In einem Aufsatz von G. M. Eaton, der im Januar 1929 veröffentlicht wurde*), wird unter anderem festgestellt, daß „comparatively little is known about the phenomena surrounding the wear of metals". Es wird in diesem Artikel vermutet, daß Dehnbarkeit und Zähigkeit wesentlich sei für hohen Abnutzungswiderstand. Im Meinungsaustausch, der sich an diese Veröffentlichung anschließt, wird von F. Franz darauf hingewiesen, daß Rubine Sapphire und Diamanten in Uhren jahrelang der Abnutzung ausgesetzt sind und sich sehr gut bewähren, obwohl sie nicht duktil und zähe sind.

Mit der Erkenntnis der Walzoxydation reiht sich diese als dritte selbständige Erscheinungsform an die beiden oben bereits bekannten Teilerscheinungen des Verschleißvorganges an. Die in der Praxis oftmals so verschiedenartige Form von Verschleiß läßt sich auf eine mehr oder minder große Beteiligung bzw. einem Fehlen der einzelnen Teilvorgänge des Abnutzungsvorganges zurückführen. Auch können die einzelnen Teilvorgänge sich untereinander beeinflussen, wie dies z. B. Meyer und Nehl in der Richtung beobachtet haben, daß die Verformung die Laufflächen der Rollen zum Spiegeln bringt,

*) Transactions of the American Soc. f. Steel Treating.

bevor die Walzoxydation zur Wirkung kommt. Eine spiegelnde Oberfläche zeichnet sich immer dadurch aus, daß sie außerordentlich wenig Unebenheiten hat. Infolgedessen werden auch in der Druckfläche bedeutend geringere und kleinere Hohlräume vorhanden sein, in der die Luft eingeschlossen werden kann. Es werden demzufolge kleinere Luftmengen auf weniger hohe Drücke gebracht. Auch wird bei spiegelnden Oberflächen die Wirkung der Adsorption viel geringer sein, als bei rauhen nicht spiegelnden Oberflächen, bei denen die Oberflächenmoleküle bedeutend mehr seitliche Kräfte zum Festhalten von Luftmolekülen frei haben. Endlich kann hier, wie bereits weiter oben erwähnt, ein Oxydhäutchen eine wesentliche Rolle spielen.

Eine weitere Beobachtung Meyer und Nehls bei Prüfstoff aus weichem Eisen ist die, daß eine Drucksteigerung zwischen den Prüfscheiben keine Vergrößerung, ja eher eine Verkleinerung der Abnutzung hervorruft. Auch hier haben wir wieder mit einer Beeinflussung einer Wirkung durch die andere zu rechnen. Durch die Verformung wird eine Steigerung der Härte der Oberflächenschichten hervorgerufen, die ihrerseits nun wieder einen geringeren Verschleiß bedingt. Eine Härtesteigerung des Werkstoffes hat zunächst eine kleinere Druckfläche bei der Berührung zur Folge, dann aber verformen sich auch die Oberflächenunebenheiten weniger, so daß die entstehenden Hohlräume sich nicht so stark verkleinern, mithin auch der Luftdruck nicht so hoch ansteigt.

Bei spiegelnden Oberflächen werden die zwar geringen aber doch immer vorhandenen Unebenheiten bzw. die Entfernung eines möglicherweise vorhandenen Oxydhäutchens mit der Zeit eine wenn auch langsame doch schließlich auch sicht- und meßbare Oxydation hervorrufen. So haben Meyer und Nehl bei den spiegelnden Prüfscheiben nach einigen Stunden ein Auftreten von Verschleiß beobachtet, worauf dann der Abnutzungsvorgang normal vor sich ging.

Der Vorgang, der bisher bei Abnutzungsmaschinen mit in der Hauptsache rollender Reibung als „Einlaufen" gekennzeichnet war, besteht in nichts anderem, als daß die beiden Prüfscheiben so lange aufeinander abrollen, bis die ganze Lauffläche durch Oxydation angegriffen ist. Wie schon weiter oben ausgeführt, wird beim Einlaufen die Berührung der beiden Prüfscheiben nicht gleich in voller Rollenbreite erfolgen, sondern meistens auf einem schmalen Band. Infolgedessen ist der spezifische Druck auf diesem Band größer als der spezifische Druck, der nachher auf der ganzen Breite der Rollenlauffläche herrscht. Mit dem größeren spezifischen Druck ergibt sich auch ein größeres Reibungsmoment, das sich auf dem Diagramm, das die Maschine aufzeichnet, deutlich wahrnehmen läßt (Abb. 6). Die Abnutzung wird dem stärkeren Druck zufolge stärker zunehmen, bis die Berührungsfläche sich über die ganze Lauffläche ausgebreitet. Damit sinkt dann auch der Reibungswert und bleibt während des Abnutzungsvorganges konstant.

Sind die Rollen einmal eingelaufen, so zeigt sich diese Spitze bei Beginn der Versuche nicht mehr (Abb. 7).

Tritt beim Abnutzungsvorgang zu der rollenden Reibung auch noch Schlupf hinzu, so wird dieser verursachen, daß zunächst eine größere Menge Metalls in der Zeiteinheit durch die Hertzsche Druckfläche hindurchgeht als beim reinen Rollvorgang, dann wird aber auch die Verdichtung bei Luft in der Hertzschen Druckfläche bei steigendem Schlupf größer.

Ist bei 100% Schlupf, also gleitender Reibung, der Anpreßdruck klein, so daß keine Teilchen abgerissen werden, so tritt die Walzoxydationskomponente auch in diesem Grenzfall auf, wir haben auch hier das Hineinwalzen von Luft in die Berührungsfläche der beiden Werkstoffe, vorausgesetzt daß die Berührung in einer hinreichend großen Fläche stattfindet.

Daß der Verschleiß bei kleinen Rollgeschwindigkeiten größer ist als bei großen, hängt damit zusammen, daß bei höheren Rollgeschwindigkeiten die Zeit der Einwirkung des Luftsauerstoffs kleiner wird, so daß, da meistens mit einer bestimmten Umdrehungszahl, oder auf einen bestimmten Weg gerechnet wird, ein kleinerer Verschleiß entsteht. Die Versuche der AEG. haben gezeigt, daß mit steigender Rollgeschwindigkeit der Verschleiß abnimmt; die Umdrehungszahlen wurden sehr hoch getrieben 1000 bis 10000 Umdrehungen in der Minute.

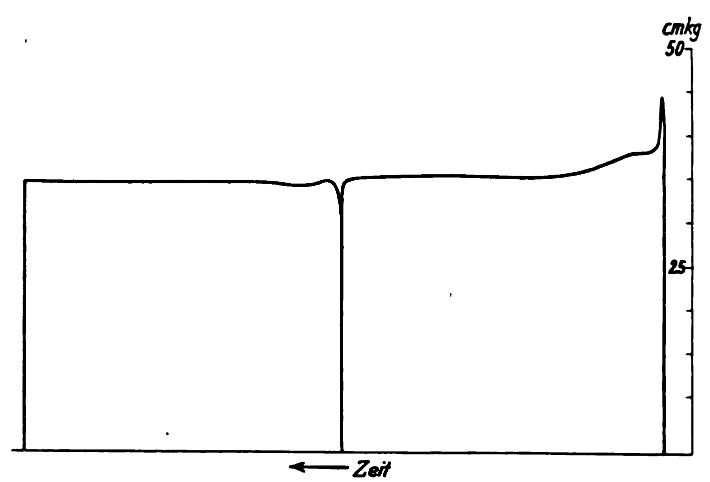


Abb. 6. Reibungsmomentenkurve. Die Einlaufperiode ist durch die hierbei auftretende Spitze deutlich gekennzeichnet.

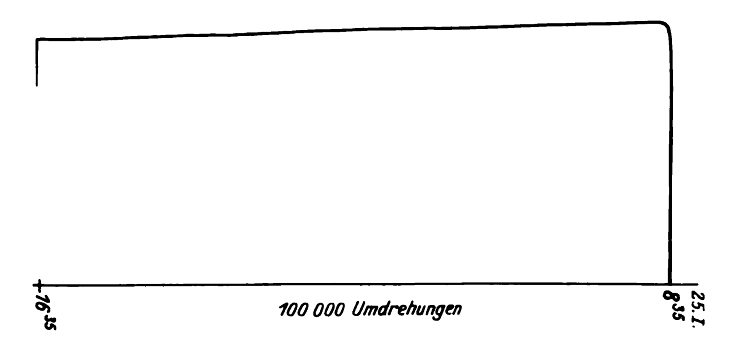


Abb. 7. Reibungsmomentenkurve bei bereits aufeinander eingelaufenen Prüfrollen. Keine Spitze mehr bei Beginn des Versuchs.

Entstehung der Riffeln.

Die Entstehung der Riffeln, d. h. der Erscheinung, die bei Schienen, Radreifen oder allgemein bei Werkstoffen auftritt, die aufeinander unter Druck abrollen oder gleiten (wie z. B. Prüfrollen bei Abnutzungsmaschinen) und bei der helle Stellen des Werkstoffes, die Riffelberge, mit dunkeln Stellen, den Riffeltälern, abwechseln, hat schon eine Reihe von Erklärungsversuchen gefunden. Man muß nun zunächst unterscheiden zwischen der Ursache, die primär für die Riffeln verantwortlich zu machen ist, und der Auswirkung der Ursache.

Was die Ursache anlangt, so soll sie hier nicht weiter untersucht werden. Hier liegen eine Reihe von Arbeiten vor, wie die von Wichert und Geiger, die die Reib- und Gleitschwingungen als Hauptursache feststellen.

In neuerer Zeit hat Frémont sich noch einmal eingehend mit der Riffelfrage beschäftigt, auch mikrophotographische Aufnahmen des Gefüges der Riffeln veröffentlicht und kommt zu dem Schluß, daß Reibungsschwankungen die Ursache der Riffeln sind, auf Grund von Versuchen, bei denen er eine kleine Scheibe, die durch eine Feder in der Gleichgewichtslage gehalten wird und bei der die auftretenden Drehschwankungen auf ein umlaufendes Diagrammpapier auf-

gezeichnet werden, gegen eine große umlaufende Scheibe angedrückt wird.

Jedenfalls steht soviel fest, daß bei Riffelvorkommen mit Schwankungen in der Belastung und im Schlupf zu rechnen ist.

Was uns hier beschäftigt, ist die Auswirkung dieser Ursachen auf den Werkstoff. Da Riffeln in der Hauptsache bei rollender Reibung mit Schlupf oder bei gleitender Reibung bei geringen Anpreßdrucken vorkommen, so wird zur Erklärung ihrer Entstehung auch die in diesen Fällen auftretende Walzoxydation herangezogen werden müssen.

Es ist bekannt, daß die Abnutzung aufeinander reibender Körper mit steigendem Druck in einer höheren als linearen Beziehung erfolgt. Ebenso steigt die Abnutzung bei wachsendem Schlupf auf größere Werte an.

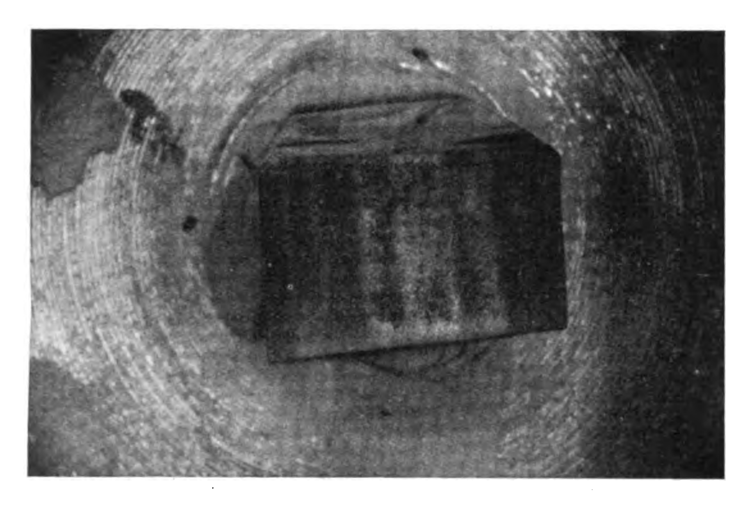


Abb. 8. Stück einer Prüfrolle mit Riffeln. Dunkle Stellen und Täler, helle Riffelberge.



Abb. 9. Eigenartige Riffelung einer Annco Eisenprüfrolle.

An den Stellen also, an denen durch die Belastungsschwankungen höhere Drücke auftreten oder Schlupf vorhanden ist, werden wir eine bedeutend größere Abnutzung durch Oxydation erhalten, als an den Stellen, wo Entlastung eintritt Die Folge ist nun, daß an den Belastungsstellen sich allmählich ein Tal bildet, das durch die Oxydation dunkel und aufgerauht erscheint (Abb. 8 und 9).

Sind nun einmal die Täler bis zu einer gewissen Tiefe ausgebildet, so kann die Fallwirkung des Rades zu einer seitlichen Verdrückung des Werkstoffes führen. Fallen die Belastungen der über die Riffeln laufenden Räder so aus, daß sie gerade auf die Riffelberge treffen, so tritt der Fall ein, daß die Riffeln verschwinden oder anfangen zu wandern, wenn die Belastungen nicht gerade auf die Spitze des Riffelberges treffen. Man bemerkt dann auf den Riffelbergen Anfänge von Oxydationserscheinungen die ähnlich wie korrodierte Stellen aussehen.

Daß es sich bei der Riffelentstehung um die Wirkung der Walzoxydation handelt, konnte bei Beobachtung von Prüfscheiben auf der Abnutzungsprüfmaschine festgestellt werden. Die Prüfscheibe hatte in der Mitte der Lauffläche bereits Riffeln und nun zeigte sich, daß am Rande der Laufflächen, entsprechend den Tälern in der Mitte kleine ringförmige Stellen mit Anlauffarben auftraten, während an den Stellen der Berge das Metall blank blieb. Es spielt also bei der Entstehung der Riffeln die bisher vernachlässigte Oxydationskomponente eine wesentliche Rolle.

Dagegen wird an den Stellen der Entlastungen die Abnutzung auch infolge des kleineren Druckes mehr als linear kleiner sein. Möglicherweise bilden sich an diesen Riffelbergen Oxydhäutchen, die ihrerseits wieder den darunter liegenden

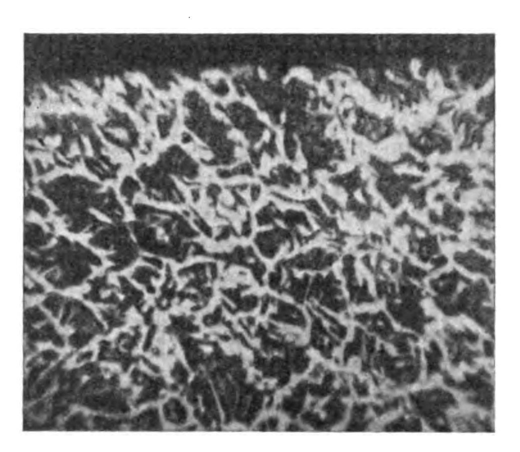


Abb. 10. Mikroaufnahme von Frémont. Keine Verdrückung des Gefüges.

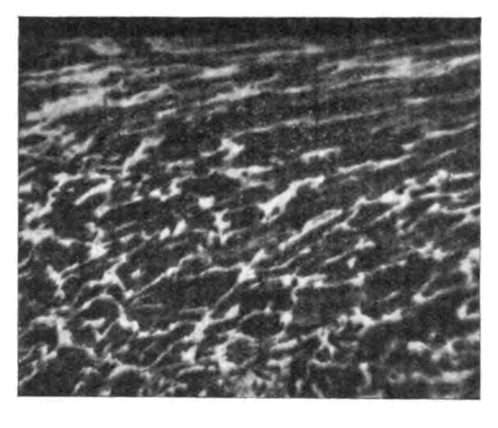


Abb. 11. Mikroaufnahme von Frémont. Riffeltal einer Schiene. Deutliche und tiefgehende Vorformung.

Schichten Schutz vor Oxydation gewähren, so daß die Riffelberge sich dem bereits oben gekennzeichneten spiegelnden Zustand nähern und den bekannten Glanz an ihrer Oberfläche annehmen.

Die Mikroaufnahmen von Frémont*) (Abb. 10 und 11) zeigen deutlich, daß gerade in den Riffeltälern die größte Reckung und Verformung stattfindet, während die Riffelberge keine solche aufweisen.

Die Erkenntnis, daß wir bei Abnutzungserscheinungen mit der Walzoxydation zu rechnen haben, wird auch Klarheit in die Abnutzungsprüfverfahren bringen. Es wird sich hierbei darum handeln, festzustellen, von welcher Art die Wirkung bei Abnutzungsvorgängen in der Praxis ist, wonach sich dann die Art der Abnutzungsprüfung zu richten hat. Bei der Prüfung von Schienen auf Abnutzungswiderstand ist es z. B. nicht angängig, Verfahren zu benutzen, die, wie die Spindelschen Abnutzungsprüfungen, nur eine Teilwirkung des Verschleißes, die mechanische Wegnahme von Teilchen, prüfen, während die Abnutzung der Schienen in der Hauptsache doch gerade durch die beiden andern Wirkungen:

*) Rev. gén. des chemins de fer.

Kaltverformung und Walzoxydation herbeigeführt wird, die von der Spindel-Abnutzungsprüfmaschine nicht erfaßt werden. Schon Kühnel, van Royen und Spindel selber haben darauf hingewiesen, daß die Spindel-Maschine mehr die Bearbeitbarkeit als den Abnutzungswiderstand zu prüfen scheint, bzw., daß bei der Spindel-Maschine ein Zusammenhang zwischen Abnutzbarkeit und Bearbeitbarkeit bestehe.

Die Versuche unter sauerstoffreien Gasen dienen nicht nur dazu, die einzelnen Teilerscheinungen in ihrer Wirkung zu erfassen, sondern es ist auch möglich, durch Ausführung von Dauerversuchen zu erforschen, in welcher Weise ein Werkstoff sich gegenüber der Kaltverformung bei beliebigen Drucken und Schlupfgraden verhält, ohne daß die Walzoxydation die Versuche beeinflußt. Damit würde den Abnutzungsmaschinen ein weiteres Betätigungsfeld der allgemeinen Materialprüfung zugewiesen sein.

Die Vermutung, die schon öfter in der Literatur ausgesprochen worden war, daß beim Verschleißvorgang bisher unerforschte Erscheinungen zu bestehen scheinen, hat sich tatsächlich durch die in vorliegender Untersuchung festgestellte mechanisch-chemischen Erscheinung der Walzoxydation, die beim Aufeinanderreiben von Werkstoffen, insbesondere Metallen vorkommt, bewahrheitet.

Allen Förderern dieser Arbeit, die mich durch Anregungen und Rat unterstützten, sei an dieser Stelle bestens gedankt. Besonderen Dank spreche ich aus der Gruppenverwaltung Bayern der Deutschen Reichsbahn, die die Durchführung der Versuche bei der Materialbeschaffungsinspektion in München gestattete, sowie dem Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik, dem Verein Deutscher Ingenieure, dem Bund der Freunde der Technischen Hochschule Berlin und der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, die durch finanzielle Unterstützung die Untersuchungen ermöglichte.

Die Wahl der Prüfverfahren für die Abnahme von Konstruktionsstählen.

M. Ch. Frémond führt darüber im Génie civil folgendes aus:

Alle Kaufverträge, die sich auf die Abnahme von Konstruktionsstählen beziehen, wie Maschinenteile, Träger, Achsen, Schienen usw., schreiben den Zugversuch als den Hauptversuch für die Abnahme des Werkstoffes vor, wobei besonders betont wird, daß die Zugfestigkeit die Grundlage der Berechnung bildet. Man kann leider die augenblicklichen Kräfte, welche aus Stößen oder Erschütterungen hervorgehen, nicht berechnen. Noch viel weniger kann man die Stellen bestimmen, wo die stärksten Kräfte auftreten. Die Verträge schreiben im allgemeinen für die Abnahme des Stahles nicht die Bestimmung der Elastizitätsgrenze beim Zugversuch vor, sie verlangen nur die Bruchgrenze und die Dehnung des Werkstoffs. Der Wert für die Bruchgrenze, der in den Lieferungsbedingungen verlangt wird, entspricht jedoch nicht dem praktischen Bedürfnis. Der zweite verlangte Wert, die Dehnung, die gemessen wird durch die Verlängerung zwischen den Marken des Versuchsstabes, ist ungenau und ohne praktischen Wert, da selbst ein zäher Stahl brüchig sein kann. Verfasser weist dann auf seine Veröffentlichung vom Jahre 1910 hin, in welcher er über die Ermüdung der Metalle bemerkt, daß metallische Werkstücke der statischen Beanspruchung immer gut widerstehen, daß aber die Fälle von Verformungen während der Dienstleistung immer auf dynamische Wirkungen zurückzuführen sind. Der gewöhnliche statische Zerreißversuch unterrichtet also nicht über den Widerstand, den das Werkstück im Betriebe zu leisten hat. Aus dem Grunde haben die Praktiker oft Enttäuschungen erlebt, weil zahlreiche Brüche im Betriebe von Stücken, die mit Erfolg die Zugprobe ausgehalten haben, zeigten, daß diese Abnahmemethode nicht ausreichend ist. Die Konstrukteure haben daher das größte Interesse, den praktischen Wert der Abnahmeversuche kennenzulernen, die sie anwenden, um Enttäuschungen zu vermeiden, die von ungeeigneten Versuchsmethoden herrühren.

Verfasser zeigt, daß ein Lokomotivkessel, der den statischen Versuch und den hydraulischen Druck mit Erfolg ausgehalten hat, in gewissen Teilen auf $^4/_5$ seines Querschnittes gerissen war. Ebenso gibt der statische Zugversuch an geschweißten Proben keine Auskunft über den lebendigen Widerstand des Werkstückes. Über den Wert der Schweißung äußert sich Verfasser dahin, daß es kein praktisches Mittel gibt, das uns anzeigt, ob eine Schweißung gut ausgeführt wurde. Die autogene Schweißung ist nach seiner Ansicht, selbst wenn sie in vollkommener Weise ausgeführt wurde, in dem geschweißten Stück immer eine schwache Stelle, die für den plötzlichen Bruch empfindlich ist und die Ursache von schweren Unfällen werden kann. Die autogene Schweißung ist nur in den Fällen gut angebracht, wo der Bruch des geschweißten Stückes nicht zu schweren Unfällen führen kann. Über den lebendigen Widerstand der Schweißung gibt allein der Schlagversuch Aufschluß. Dagegen führen die statischen Zug-, Torsions- und Faltversuche an geschweißten Proben, ebenso wie die hydraulischen Druckversuche an geschweißten Behältern, nur zu Scheinergebnissen.

Um die Bedeutung der Wahl der Versuchsmethoden für die Abnahme der Konstruktionsstähle zu zeigen, wählt Verfasser als Beispiel den Versuch mit einer Lokomotivachse. Die Lieferungsbedingungen für die französischen Eisenbahnnetze schreiben für diese Achsen die folgenden drei Versuche vor: Schlagversuch auf den Körper der Achse, den Zugversuch und die Gefügeuntersuchung. Diese Abnahmeversuche decken aber nicht die Anwesenheit von Seigerungen auf, die die Hauptursache von Achsbrüchen bilden. Um den unheilvollen Einfluß dieser Seigerung in den Achsen zu beweisen, führte Verfasser eine Makroätzung an einem Querschnitt der Achse aus. Diese Seigerungszonen, die sich durch die Gegenwart von dunklen Linien kundgeben, sind eine mögliche Bruchursache der Achse. Schlägt man mit dem Handhammer auf die Oberfläche der Scheibe und läßt diese Schläge allmählich stärker werden, so kann man feststellen, daß kleine Risse im Innern des Seigerungskernes erscheinen, die sich geradlinig fortpflanzen, dieselbe Erscheinung, die man bei Achsen im Betriebe unter den Stößen und Erschütterungen beobachten kann. Es entstehen Risse, die in der Seigerungszone langsam größer werden, bis der Teil der Achse genügend geschwächt ist, um unter einem letzten Schlag zu brechen. Bei dem in der Abnahme vorgeschriebenen Schlagversuch bricht die Achse nicht, weil die durch die Seigerung verunreinigten Teile von dem nicht geseigerten Werkstoff umschlossen sind. Im Betrieb dagegen tritt ein fortschreitendes Einreißen ein, welches nach längerer oder kürzerer Dauer zum Bruch der Achse führt.

Über das innere Reißen der Schienen äußert sich Verfasser dahin, daß diese Erscheinung durch die Seigerung des Stahles veranlaßt wird und daß seine Entstehung und Fortpflanzung von der Verteilung und von der Zusammensetzung dieser Seigerungen abhängen. Auf Grund dieser Feststellungen haben die italienischen und belgischen Staatsbahnen den makrographischen Abnahmeversuch in ihren Lieferungsbedingungen für Schienenlieferungen eingeführt. Auszüge dieser Lieferungsbedingungen finden sich im Génie Civil vom 28. Januar 1928.

(Bull. d. Congr. des Ch. d. f.) Mz.

Gemeinsame Tagung des Deutschen und Österreichischen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik.

Der Deutsche und der Österreichische Verband für die Materialprüfungen der Technik halten in diesem Jahre anläßlich ihrer Hauptversammlung eine gemeinsame Tagung in Wien, in der Zeit vom 8. bis 11. Oktober ab.

In den wissenschaftlichen Verhandlungen werden die Verfahren der Dauerprüfung, der Röntgenprüfung und der Mikrochemie behandelt werden. Auf diesen Gebieten sind in der letzten Zeit bedeutende Fortschritte erzielt worden, die es gestatten, die Ergebnisse der Forschung für die Praxis nutzbar zu machen.

Eine Ausstellung zu den Fragen der Dauerprüfung und der Mikrochemie wird Gelegenheit geben, die Berichte durch Anschauung und durch besondere Vorführungen zu ergänzen.



Über Verschleißbarkeit der Werkstoffe bei trockener Reibung.

Von Oberbaurat **Füchsel**, Berlin.

Bei der heutigen Wirtschaftslage ist es verständlich, daß die Werkstoffe eine ansteigende Gütewertlinie aufweisen und damit eine Nachfrage der Industrie nach Prüfverfahren zur Bestimmung von Dauerwerten, wie Verschleißwiderstand, erleben. Die Zahl der Bearbeiter der Verschleißfrage ist groß; die Materialprüfverbände der dem Neuen Internationalen Verband für die Materialprüfungen der Technik beigetretenen Länder haben sich dem Studium der Abnutzung mit Eifer gewidmet, in Deutschland seit Januar 1922 im Ausschuß 21 des Deutschen Verbandes für Materialprüfungen der Technik, dessen Mitglieder sowohl der erzeugenden als verbrauchenden Industrie und neutralen wissenschaftlichen Materialprüfämtern angehören. Die europäischen Länder behandelten das Verschleißproblem zuletzt umfassend gelegentlich der Internationalen Schienentagung in Zürich, März 1929. Es zeugt von der Mannigfaltigkeit des Problems, daß seine Bearbeitung weder in der Erkenntnis des Verschleißvorganges noch in der Aufstellung eines Prüfverfahrens zu einem abgeschlossenen Urteil geführt hat. Immerhin sind die in den vielseitigen Arbeiten gewonnenen Erkenntnisse so reichhaltig und wertvoll für die Fortführung der Aufgabe, daß es sich wohl verlohnt, wenigstens die hauptsächlichsten Gesichtspunkte im Gang der Forschungsarbeiten und für den Bau des Prüfgeräts einmal im Zusammenhang darzustellen.

I. Verschleißkennzeichen.

Ausgangspunkt für die Untersuchung des Verschleißvorganges und die Ermittlung von Prüfverfahren ist zweckmäßig die Betrachtung der Verschleißformen, wie sie sich an Bauteilen im Betriebe einstellen. Als ansprechendes Beispiel seien die Verschleißkennzeichen von Rad und Schiene gewählt. Sie erscheinen im wesentlichen nach drei Richtungen:

a) Verformung. Der Werkstoff der Lauffläche wird nach einer oder beiden Seiten hin abgedrückt, am Schienenende auch in Richtung der Achse, wobei die Verformung sich in Zungenbildung äußert. Das zugehörige Gefügebild läßt deutliche Kaltreckung der Körner, also ein Überschreiten der Streckgrenze, in einer schmalen Zone unterhalb der Lauffläche erkennen. Auch die Bartbildung am unteren Teil des Schienenkopfes gehört hierher. Spannungen zwischen der verfestigten und der nach innen angrenzenden stabil bleibenden Zone bewirken allmählich das Abblättern der spröde werdenden Kristalle in der äußersten verfestigten Zone der Lauffläche.

b) Abscheuern. Der Werkstoff am Spurkranz und an der Seitenfläche des Schienenkopfes wird abgescheuert. Der angreifende Spurkranz wirkt verspanend, etwa wie eine Feile oder ein Fräser mit schwachen Zähnen. Es findet ein mechanisches Abtrennen kleinster Teilchen statt. Im Gefügebild erscheinen die Körner der Randzone unverdrückt oder nur schwach gereckt, soweit sie unter senkrechtem Raddruck gestanden haben.

c) Die Abfälle zu a) und b), d. h. der Verschleißstaub, unterscheiden sich durch ihren Sauerstoffgehalt, der bei der Verformung (a) in einem weit höheren Betrag als beim Abscheuern gefunden wird, rund 20% gegen 0,7% Sauerstoff.

II. Äußere Verschleißkräfte.

Hierunter soll das ganze Gebiet von Einflüssen, die nicht vom Werkstoff selbst herrühren, verstanden werden.

a) Anpreßdruck. Der unter dem Einfluß statischer Belastung zwischen zwei sich gegeneinander bewegenden Teilen hervorgerufene spezifische Flächendruck wirkt mit zunehmendem Werte vermehrend auf ihren Verschleiß. Eine Einschränkung besteht bei den Körpern, die zufolge ihrer Werkstoffbeschaffenheit in einer an der Berührungsfläche liegenden Zone kalt gehärtet werden. So kann der Verschleiß von weichen, ferritreichen Stahlsorten bei steigendem Anpreßdruck zunächst eine Abnahme erfahren. In der Beurteilung des Einflusses des Anpreßdruckes stimmen die Ergebnisse der Prüfstandsversuche mit den Beobachtungen der Praxis, z. B. des Eisenbahnbetriebes überein, ohne daß ein Widerspruch eines Forschers bekannt geworden ist.

b) Schlupf. Die natürliche Bewegung eines runden Körpers gegen einen anderen von beliebiger Gestalt vollzieht sich bei rollender Reibung. Das Eigengewicht verhindert, daß Linienberührung und rein rollende Reibung stattfindet. In Wirklichkeit ist Flächenberührung von kleinstem bis zum technisch meßbaren Wert und damit ein gewisser Betrag Gleitung vorhanden. Die Gleitung kann darüber hinaus durch Beeinflussung des Bewegungsvorganges z. B. im Betriebe durch die Art des Bremsens vermehrt werden. Der Anteil der gleitenden Reibung an der rollenden wird allgemein mit Schlupf bezeichnet. Die vielseitig angestellten Betriebsbeobachtungen und Prüfstandversuche gehen in der Feststellung einig, daß der Verschleiß mit der Größe des Schlupfs zunimmt. Verschleiß macht sich bereits bei 1% Schlupf deutlich bemerkbar. Das Auftreten von Schlupf ruft bei Körpern mit verformbarer Laufflächenzone eine besondere Art des Verschleißes, die Riffelbildung, hervor, bemerkbar z. B. auf Bremsstrecken der Eisenbahngleise. Mit dem Auftreten von Schlupf werden an allen Übergängen von rollender zu gleitender Reibung zusätzliche Stoßkräfte ausgelöst, die die Wirkung des statischen Anpreßdruckes erhöhen. Bei rein gleitender Reibung, z. B. beim Bremsklotz, fällt der Verschleiß innerhalb bestimmten Verschleißweges vorwiegend mit steigender Brinellhärte.

c) Rollgeschwindigkeit. Übereinstimmend mit den Feststellungen des Eisenbahnbetriebes, nach denen geringerer Verschleiß der Form I. a) auf den Schienen der freien Strecke als auf Gleisen des mit geringerer Geschwindigkeit befahrenen Bahnhofgebietes auftritt, erweisen die Prüfstandversuche mehrerer Beobachter der Verschleißart I. a), daß deren Größe mit steigender Rollgeschwindigkeit abnimmt. Für die Verschleißart I. b) liegen die Verhältnisse umgekehrt und finden ihre Erklärung in dem höheren Betrag aufgewendeter mechanischer Leistung. Eintretende Temperaturerhöhung an der Berührungsstelle verändert im übrigen die Abhängigkeit des Verschleißes von der Umfangsgeschwindigkeit je nach der Werkstoffbeschaffenheit.

d) Temperatur. Zahlenmäßige Betriebsbeobachtungen über unterschiedlichen Verschleiß bei kalter und warmer Jahreszeit liegen nicht vor. Der Unterschied dürfte praktisch nicht erheblich sein. Prüfstandversuche von French, 1928 an Cu-, Sn-, Pb-Lagerbronzen angestellt, zeigen für künstliche Temperatursteigerung auf 170° eine deutliche Verschleißvergrößerung bei geringen Sn- oder Pb-Zusätzen. Mit steigendem Sn- oder Pb-Gehalt ist der Unterschied nicht mehr so groß, aber noch vorhanden.

e) Luftsauerstoff. Die Analyse des Verschleißstaubes ist bei den Verschleißarten I. a) und I. b) mehrfach durchgeführt worden und erweist ausgesprochenen Oxydationsvorgang bei eintretender Verfestigung der Lauffläche. Deutlich sichtbare Verfärbung ist bei Eisen, Kupfer und Bronze teilweise schon nach kurzer Laufzeit festgestellt. Eine planmäßige Erforschung des Einflusses des Luftsauerstoffs ist in jüngster Zeit durch vergleichende Abnützungsversuche in Luft und in einem sauerstoffreien Schutzgas erfolgt. Dipl.-Ing. M. Fink ermittelte auf einem Amsler-Maschinenprüfstand

an der Technischen Hochschule Berlin, daß beim Versuch in Schutzgas kein Verschleiß eintrat, obschon Verfestigung der Randzone, bzw. kaltgerecktes Gefüge, zu erkennen war. Die Reibungsarbeit war hierbei auf $^1/_3$ gesunken, als Folge des Fehlens einer sonst als Zwischenlage wirkenden Oxydationsschicht. Die durch Mittel des Deutschen Verbandes für Materialprüfungen der Technik unterstützte Arbeit gelangt noch 1929 zur Drucklegung. Die Zertrümmerung des bei rollender Reibung verformten Randgefüges wird demnach durch die Einwirkung des Luftsauerstoffs beschleunigt.

f) Andere Zwischensubstanzen. Die Gegenwart von Feuchtigkeit vermindert den Verschleiß zwischen Rad und Schiene, ebenso wie die von Schmiermitteln zwischen Achsschenkel und Lagerschale. Straßen- und Vollbahnen machen längst von dieser Erkenntnis Gebrauch. Die Gegenwart fester Körper an der Berührungsstelle, wie von Sand, wirkt sich als verschleißmehrend aus, indem sie sich wie Schmirgel verhalten. Die Anwendung der Schmirgeltechnik ist in der baulichen Anordnung der Abnutzungsprüfstände von Brinell, Robin, Scheibe, auch von Spindel, insofern der Verschleißstaub die Rolle des Schmirgels übernimmt, enthalten.

III. Werkstoffeigenschaften als innere Gegenkräfte.

a) Äußere Beschaffenheit der Abnutzungskörper. Der Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit ist für den Verschleißvorgang I. a) durch sichere Beobachtung dahin ermittelt worden, daß der Abnutzungswiderstand mit abnehmender Rauhigkeit zunimmt. Ein geschliffener Körper verhält sich günstiger als ein abgedrehter. Vergleichsversuche können nur von einer glatten Oberfläche ihren Ausgang nehmen. Erhebungen der Oberfläche erfahren bei Druckbelastung einen höheren spezifischen Flächendruck als ihre Vertiefungen, z. B. in Drehriefen, und erleiden stärkere Verformung und schnelleren Übergang des kaltgereckten Randgefüges in Verschleißstaub.

Beim Verschleißvorgang nach I. b), z. B. durch angreifende zahnlose Scheibe, besteht umgekehrte Beziehung. Der Scheibenrand benötigt einen gewissen Rauhigkeitsgrad des Paarungskörpers, um diesen annagen zu können. Der Einfluß der Größe der sich unter Belastung einstellenden Berührungsfläche ist davon abhängig, ob sie in einer elastisch verformbaren Einflußzone liegt oder nicht.

b) Der Einfluß der mechanischen Gütewerte des Werkstoffs soll zunächst für sich, d. h. ohne Rücksicht auf das vorausgegangene, den Werkstoffzustand bestimmende Erzeugungsverfahren behandelt werden. Von den Festigkeitswerten interessieren vor allem Zugfestigkeit, Streckgrenze, Kugeldruckhärte. Maßgebend sind die Werte der an der Berührungsstelle anliegenden Zone. Eine Probeentnahme an anderer Querschnittsstelle ist nur mittelbar von Bedeutung. Der Abnutzungswiderstand steigt mit zunehmenden drei Festigkeitsgrössen. Der Einfluß der Streckgrenze fällt besonders ins Auge, weil Werkstoffschichten, deren Spannung bei bewegter Belastung unterhalb der Streckgrenze bleibt, weder verformt noch abgescheuert werden können, somit vor verschleißartiger Zerstörung geschützt sind. Die labile durch Verfestigung hervorgerufene Härte, z. B. in ferritreichen Randzonen, ist der stabilen Naturhärte in ihrer Bedeutung für den Abnutzungswiderstand etwa gleich zu achten. Der Einfluß der Scherfestigkeit kann im gleichen Sinne wie der der Zugfestigkeit gewertet werden, da zwischen beiden Festigkeitsgrößen ein annähernd stetiges Verhältnis 4:3 besteht. Von den Zähigkeitswerten der Werkstoffe kommt vorzüglich die Beziehung von Dehnung, Querschnittsverminderung, Kerbzähigkeit und Schwingungsfestigkeit zur Verschleißbarkeit in Betracht. Es muß zunächst berücksichtigt werden, ob die genannten Werte während des Verschleißvorganges Änderungen in den der Berührungsstelle anliegenden Schichten erfahren, sodann ist zu beachten, daß die Frage nach dem Verschleißwiderstand nicht ohne weiteres die Frage nach dem Widerstandsvermögen eines Bauteils gegen statische und dynamische Biegekräfte in sich schließt. In der Tat zeigen die Beobachtungen des Betriebes und die Versuchsergebnisse auf Prüfständen, daß der gleiche Verschleiß an Werkstoffsorten mit ganz verschiedenen Zähigkeitswerten für Dehnung, Querschnittsverminderung, Kerbzähigkeit und Schwingungsfestigkeit gefunden worden ist. Die allgemeinen Beziehungen zwischen Festigkeit und Zähigkeit bringen es mit sich, daß hohe Werte des Abnutzungswiderstandes von niedrigen Zähigkeitswerten begleitet werden. Die Betrachtung der Schwingungsfestigkeit gehört mehr unter die der Festigkeitswerte und ist entbehrlich, da ihr Wert zumeist nicht höher als 0,4% der Zugfestigkeit liegt, ihr Einfluß also bereits durch die Betrachtung der Streckgrenze berücksichtigt wird. Soweit der Werkstoffverbraucher allein auf die Eigenschaft des Abnutzungswiderstandes sieht, könnte er bei der Werkstoffwahl auf die Wertung von Zähigkeitsgrößen absehen. In der Praxis liegen die Verhältnisse aber so, daß die Bauteile zumeist auch Biege- und Stoßbeanspruchungen ausgesetzt sind, der Konstrukteur also aus Gründen der Betriebssicherheit bei der Werkstoffauswahl auch Zähigkeitswerte berücksichtigen muß und nicht nur nach Verschleißwiderstandsvermögen fragen darf. Es erscheint zweckmäßig, hier auf einen Zusammenhang zwischen dem benötigten Maß von Elastizität in der Gesamtanordnung der Konstruktion, in welcher ein auf Abnutzung beanspruchter Werkstoff eingebaut ist, und dem Verschleiß hinzuweisen. Als Beispiel sei wieder der Eisenbahnoberbau und seine Lagerung in zwei verschiedenen Ausführungen gewählt. Für ein bestimmtes Widerstandsmoment wird ein Schienenprofil bestimmter Kopffläche mit niederem und mit hohem Steg ausgewalzt und verlegt. Bei gleicher Bettungs- und Belastungsart verschleißt die hochstegige Schiene mehr als die mit niederem Steg. Der Verschleißunterschied wächst beträchtlich an, wenn die hohe Schiene auf einer Bettung aus Eisenbeton, das niedere Profil auf der üblichen Steinschlagbettung verlegt wird. In dem elastischen System empfängt die auf plastische Verformung beanspruchte Werkstoffschicht an der Lauffläche eine elastische Lagerung, etwa entsprechend der elastischen Linie des Gesamtsystems von Oberbau und Bettung. In dem starren System fehlt die elastische Lagerung der verformten Laufflächenschicht, es entstehen zwischen ihr und den nicht verformten Schichten unter ihr Spannungen. Hervorgerufene Vertikalschwingungen erhöhen stoßartig den spezifischen Flächendruck der rollenden Belastung. Der Beobachter nimmt besondere Formen des Verschleißvorganges z. B. Riffelbildung wahr. Ein anderes Beispiel betrifft die Fahrdrahtaufhängung elektrischer Bahnen. Im elastischen Teil, im Durchhang, ist der Verschleiß ein für solchen Zustand normaler, im starren Teil, an den Aufhängungspunkten, ist der Verschleiß erheblich größer und mit Riffelbildung verknüpft.

c) Chemische Beschaffenheit. Hauptträger des Abnutzungswiderstandes von Eisen und Stahl ist der Kohlenstoff. Für den ungehärteten Zustand nimmt der Widerstand zugleich mit dem C-Gehalt zu und scheint einen ausgesprochenen Höchstwert bei eutektoidem Gehalt von 0,85% C zu besitzen, während für die C-Gehaltslage bei 0,4 bis 0,5% mehrfach, voraussichtlich wegen des ungünstigen Verhältnisses Ferrit-Perlit ein Abfall des Widerstandes gefunden worden ist. Die Zustandsform, in der der Kohlenstoff auftritt, ist von besonderer Bedeutung und wird unter „Gefüge" (e) behandelt. Dem reinen Eisen kommt ein gewisses Widerstandsvermögen zu. Die Erhöhung dieses Vermögens durch Verfestigung ist

bereits unter Anpreßdruck [II. a) und Härte III. b)] betrachtet worden.

Mangan ist in bestimmten Gehaltsgrenzen eine positive Komponente des Abnutzungswiderstandes, z. B. bei 0,3%, 0,8 bis 2%, 12 bis 14%, während für mittlere Lagen ein Abfall gefunden worden ist. Vorwiegend ist seine Beigabe von widerstanderhöhendem Einfluß.

Silizium wirkt im allgemeinen als positive Komponente, ganz abgesehen, daß es den unerwünschten Seigerungen und Gefügelockerungen entgegenwirkt. Hochsilizierte Stähle mit etwa 1,5% Si eignen sich für gewisse Sonderzwecke.

Phosphor wirkt in ferritreichen Stahlsorten ebenfalls auf Steigerung des Abnutzungswiderstandes, weil er das Gefügekorn aufbläht — vergl. III. e). Diesem Element gegenüber ist jedoch Vorsicht geboten, weil es den Werkstoff spröde macht und Neigung zu Seigerungen auslöst. Sein Gehalt sollte aus Sicherheitsgründen sich innerhalb der Di-Normen bewegen.

Schwefel ist für den Verschleißwiderstand ein unerwünschter Begleiter.

Stickstoff wirkt bis zu gewissen Grenzen, etwa denen des Gehalts in der Thomas-Schiene, als positive Komponente. Darüber hinaus ist Vorsicht geboten, aus ähnlichen Gründen wie beim Phosphor. Sonstige Beimengungen werden im nächsten Abschnitt „Verunreinigungen" erfaßt.

d) **Verunreinigungen.** Hier soll der Einfluß aller frei ausgeschiedenen, nichtmetallischen Einflüsse und der Gasblasen behandelt werden. Schlacken aller Art und Hohlräume bedeuten Unterbrechungen im Zusammenhang der als Festigkeitsträger wirkenden Gefügebilder. Daher ist ihr Einfluß entsprechend ihrer Menge und Anordnung auf den Verschleißwiderstand mindernd. Bemerkenswert tritt ein höherer Schlackengehalt beim Zugversuch nicht notwendigerweise in Erscheinung. So wurde in einer SM-Schiene von 70 kg/mm² Festigkeit der hohe Schlackengehalt von 0,5% festgestellt und damit eine Erklärung ihres geringen Abnutzungswiderstandes (Fall Ia) der in gleicher Weise im Betrieb und auf Prüfständen bemerkbar war, gefunden. Gasblasen, die ebenfalls beim Zugversuch nicht ohne weiteres erkennbar sind, wirken sich besonders als Hindernis für den Abnutzungswiderstand des Werkstoffes aus, wenn sie als Randblasen, z. B. in Radreifen und Schiene, auftreten.

e) **Gefüge.** Hier soll der Einfluß der Kornbeschaffenheit, Kornlagerung und der am Gefüge erkennbaren Vorbehandlung des Werkstoffs erläutert werden. Maßgeblich ist der Zustand an der Berührungsstelle. Von den beiden Hauptelementen des Stahls ist der Perlit-Anteil gegenüber der Ferritmenge für den Verschleißwiderstand bestimmend. Kaltgereckter Ferrit ersetzt an der Lauffläche nahezu den Einfluß von Perlit. Es gibt einen kritischen Verformungsgrad, bei dessen Überschreitung das Korn gegenüber Stoßdruck und Luftsauerstoffangriff zerfällt. Der Perlit ist im feinstreifigen Zustand am verschleißfestesten. In Richtung abnehmenden Widerstands schließen sich an der grobstreifige, feinkuglige und grobkuglige Zustand, entsprechend einer Folge schneller bis langsamer Abkühlung über den Perlitpunkt Ar_1. Der Einfluß der Anfangstemperatur macht sich bei jeder Wärmebehandlung dahin geltend, daß hohe Erhitzung des Mischkristalls auf Widerstandssteigerung wirkt. Zahlreiche Beobachtungen liegen nach dieser Richtung an überhitztem Werkstoff mit großem Ferritkorn und großem Perlit-Haufwerk vor. Das Aufblähen des Ferritkorns durch Phosphoraufnahme wirkt im gleichen Sinne. Auch im Härtungs- und Anlaßgefüge ist noch der Einfluß der Anfangstemperatur vor dem Abschrecken durch Reihenversuche nachgewiesen, wenn auch besondere Gefügezeichen nicht immer vorhanden sind. In der Praxis kann von der Maßnahme der Werkstoffüberhitzung zugunsten des Abnutzungswiderstandes nur soweit Gebrauch gemacht werden, als es die Rücksicht auf die Betriebssicherheit der Konstruktion gegenüber Stoßbeanspruchung zuläßt. Unter den Härtungsgefügearten besitzt Martensit den höchsten Widerstandswert, der zugleich absoluter Höchstwert ist. Es folgen die Übergangsarten Troosit, Sorbit bis Perlit mit ihren Abstufungen im kolloidalen bis emulsionsartigen Mischkristallcharakter. Der Abnutzungswiderstand fällt bei den durch hohe Anlaßtemperatur — bis an Ar_1 — erhaltenen Gefügetypen — kugeliger Zementit in ferritischer Grundmasse — weit unter den des streifigen Perlit. Diese Beziehung ist sehr zu beachten bei der Verwendung von Vergütungsverfahren. Je weiter die Entmischung des Sorbit in Richtung Zusammenballen des Zementit in ferritischer Grundmasse getrieben wird, um so mehr unterliegt der Ferrit der Verformung und allmählichen Zerstörung, die eingebetteten harten, aber winzigen Zementitkörner können ihren Zweck als Träger des Widerstands nicht erfüllen, sie fallen vielmehr aus und wirken womöglich noch als Schmirgel. Feinkörniger bzw. gering entmischter Sorbit besitzt bei Härte und Streckgrenzenwerten, die auf den Flächendruck der Betriebsverhältnisse abgestimmt sind, günstigen Abnutzungswiderstand. Die Praxis hat von den günstigen Eigenschaften des Härtungs- und Anlaßgefüges mit Erfolg Gebrauch gemacht, indem Verfahren eingeführt wurden, diese Gefügearten nur in einer schmalen Zone unter der Abnutzungsfläche zu erzeugen, den Hauptteil des Querschnitts der auf Abnutzung beanspruchten Bauteile im stabilen Ausgangszustand zu belassen und eine Zone allmählichen Überganges durch Anlaßwirkung von innen vorzusorgen. Es ist noch nicht gelungen, die Gefügekennzeichen der aus verschiedenen Hüttenöfen gewonnenen Stahlsorten restlos festzulegen, z. B. für Elektrostahl. Darum muß ich mich mit einem Hinweis auf günstige Betriebserfahrungen mit Elektrostahl von etwa 2% Mn-Gehalt beschränken.

Von Untersuchungen mit Röntgenstrahlen darf man sich weiteren Aufschluß über die Bewertung des Gefüges auf den Abnutzungswiderstand versprechen. Zur Zeit befinden sie sich noch in nicht abgeklärtem Zustand.

Hinsichtlich des Einflusses von Schlacken, nichtmetallischer Einschlüsse aller Art, darf ich auf die Ausführungen im vorhergehenden Abschnitt verweisen. Von ähnlichem Einfluß wie Schlacken erweist sich der Graphit im Gußeisen, wobei Unterschiede seiner Größe und Verteilung klar zutage treten. Von besonderem Einfluß ist noch die Art der Kornlagerung nach den Typen: regelloses Haufwerk, Faserrichtung und Zeilenstruktur. Die günstigsten Bedingungen für den Widerstand liegen vor, wenn die Richtung der Verschleißbeanspruchung gleichlaufend zu etwa vorhandener Faserrichtung liegt. Das ist z. B. der Fall in der Beziehung Rad und Schiene und findet seine Erklärung in der bekannten Feststellung, daß die Festigkeit längs der Faser größer ist, als quer zu ihr. Am ungünstigsten liegen die Werte in Stahlsorten von ausgeprägter Zeilenstruktur. Legierungselemente wie Chrom steigern den Verschleißwiderstand, sollen aber hier außer Betrachtung bleiben.

IV. Das Prüfgerät.

Es ist anzuerkennen, daß die an der Entwicklung einer Abnutzungsprüfmaschine beteiligten Erfinder und Forscher bemüht waren, die in der Praxis auftretenden Beanspruchungsverhältnisse nachzuahmen. Im gleichen unterschiedlichen Maße wie der Verschleißvorgang im praktischen Betriebe auf verschiedenen Vorgängen beruht, zeigt der Bau des Prüfgeräts verschiedene Konstruktionsgedanken. Es sind vornehmlich folgende Verschleißvorgänge entwickelt worden:

a) Abschleifen durch Schmirgelmittel von Brinell, Robin, Scheibe, Kessner, Kloth (Landwirtsch. Hochschule Berlin) u. a.,

b) Feinverspanung durch eine gleitende zahnlose Fräserscheibe von Spindel,
c) Rollreibung mit und ohne Schlupf von Saniter, Mohr, Amsler, Schaffer, Lipperheide, Norris,
d) Flächenreibung mit 100% Schlupfpressung von Schulz-Kerscht auf einer Verschleißdrehbank.

Der Abnutzungswiderstand wird durch Volumenveränderung oder genauer durch Gewichtsabnahme festgestellt. Verfahren a), auch Sandverschleißprüfung genannt, benötigt für den Versuchsbetrieb Schmirgelmittel, bzw. Sand gleichmäßiger Beschaffenheit und Beständigkeit. Es liefert brauchbare Werturteile für diejenigen Verschleißvorgänge des Betriebes, die auf gleicher Grundlage des Sandverschleißes beruhen. Es lassen sich aber auch relative Beziehungen zu andersgearteten Verschleißvorgängen innerhalb bestimmter Beanspruchungsbedingungen aufstellen. Die Abfälle sind bisher nicht auf Oxydation untersucht worden. Es kann aus der ritzartigen Angriffsweise geschlossen werden, daß der Verschleißstaub nicht oder nur gering oxydiert ist. Verfahren b) ist von Spindel als Abnutzungsprüfung durch Gleitung gezeichnet worden unter Berufung auf die ihm als maßgeblich erscheinende Verschleißart bei Rad und Schiene. Nach Auffassung des Berichters sind beim Lauf von Eisenbahnfahrzeugen beide unter I. a) und I. b) behandelten Vorgänge, Verformung und Abscheuern zu beobachten. Von diesen prüft die Maschine Bauart Spindel vorwiegend das Abscheuern, wobei der während des Versuchsbetriebes am Scheibenrand entstehende Verschleißstaub zusätzlich schmirgelnd wirkt. Das Angriffswerkzeug, die langsam umlaufende Scheibe, arbeitet nach Art einer Feile oder eines zahnlosen Fräsers gegen das Probestück, dessen Oberfläche eigens aufgerauht werden muß. Die Abfallprodukte, der entstehende Verschleißstaub, sind so gut wie nicht oxydiert. Hierin ist eine sichere Bewertungsgrundlage dafür zu ersehen, daß das Prüfverfahren von Spindel den Abnutzungsvorgang I. a) nicht nachahmt, seine Wertziffern also nicht in unmittelbarer Beziehung zum Verschleiß bei rollender Reibung stehen. Wohl gibt es Wertziffern für die mechanische Bearbeitbarkeit des Werkstoffes unmittelbar an, aber auch mittelbar für den Verschleißwiderstand innerhalb gewisser Beschaffenheitsgrenzen. Eine Begrenzung der Verwendung der Spindelmaschine ist z. B. bei hoher Härte des Werkstoffs, über 500 Brinelleinheiten, gegeben. Die Scheibe gleitet ohne anzugreifen über die Probe hinweg, zeigt also nur qualitativ hohen Verschleißwiderstand an. Als Vorzüge der Maschine sind zu nennen geringe Streuung der Versuchsergebnisse, deren bequeme Auswertung und die kurze Versuchsdauer von wenigen Minuten. Um vergleichbare Wertziffern zu erhalten, muß der für die Scheibe verwendete Werkstoff stets von gleichmäßiger Beschaffenheit sein, z. B. eine Festigkeit von 50 bis 60 kg/mm² besitzen. Änderung der Scheibenfestigkeit verändert den Abnutzungswert und die Schonfestigkeit der Scheibe erheblich.

c) Rollreibung mit und ohne Schlupf. Als älteste Maschine dieses Typs ist die von Saniter 1908 angegebene zu nennen, bei welcher sich ein Zapfen innerhalb eines belasteten Ringes dreht. Durch Verlegung der Berührungsfläche auf die Außenfläche des zylindrischen Körpers sind die Maschinen der Chemisch-Technischen Reichsanstalt Berlin, von Mohr & Federhaff, und von Amsler entstanden, erstere beiden auf Anregung des Berichters. Angezeigt wird der Verschleiß nach dem Arbeitsgang I. a), es läßt sich aber auch ein Verschleißvorgang mit großem Schlupf und geringem Anpreßdruck untersuchen. Als Rollgeschwindigkeit ist die im Eisenbahnbetrieb übliche gewählt, andere Verhältnisse lassen sich einstellen. Die Prüfung harter Werkstoffe bietet kein Hindernis. Der abfallende Verschleißstaub kennzeichnet sich als oxydiert. Die Versuchsergebnisse sind verschieden, je nachdem der Staub vom Probekörper dauernd abgewischt wird oder auf ihm verbleibt. Die Versuchsdauer beträgt mehrere Stunden, eine Einlaufzeit bis zu einem Zustand gleichmäßiger Berührung beider Laufkörper ist erforderlich. Die Mohr-Maschine zeigt in ihren Versuchswerten eine allzu große Streuung, weil die Bauart der Maschine noch nicht ausgereift ist. Sie ist durch die Mühewaltung ihrer Benutzer bereits erheblich verbessert, die anfängliche Streuung von ± 20% teilweise auf ± 5% gesenkt worden. Für vergleichbare Messungen bildet gleiche Oberflächenbeschaffenheit der Versuchskörper hinsichtlich Glätte und Oxydationswirkung in der Einlaufzeit eine wichtige Voraussetzung. Die Mohr-Maschine war anfänglich zu leicht gebaut und im Betrieb mit Schwingungen behaftet. Neue Ausführungen, welche die störenden Mängel vermeiden, unterliegen zur Zeit der Nachprüfung. Von der praktischen Verwertung des Konstruktionsgedankens für die Verschleißprüfung in der Amsler- und verbesserten Mohr-Maschine kann eine Eignung für die Prüfung wichtiger Bauteile erwartet werden, weil die Versuchsbedingungen sich den praktischen Verhältnissen des Verschleißvorganges derselben erheblich nähern. Es läßt sich leicht eine Paarung solcher Werkstoffe, deren gegenseitiges Verhalten untersucht werden soll, vornehmen. Versuchsreihen mit Gegenscheiben aus Flußstahl, Stahlguß, Hartguß, Bronze u. a. sind durchgeführt worden, z. B. eine harte Scheibe greift stärker an als eine weichere, wenn der Probekörper aus Flußstahl besteht. Paarung von Stahlguß normaler Härte, 140 H_B, gibt hohen Verschleiß.

d) Flächenreibung mit 100% Schlupf. Hierzu ist die sogenannte Verschleißdrehbank von Prof. Dr. E. H. Schulz in Verbindung mit Dipl.-Ing. Kerscht kürzlich ins Leben gerufen. Das Probestück wird gegen eine umlaufende Stahlscheibe angedrückt, etwa wie der Bremsklotz auf die Radreifenlauffläche. Der Verschleißvorgang ahmt daher vorwiegend die Abnutzungsverhältnisse eines Bremsklotzbetriebes nach. Die auf der Verschleißdrehbank gewonnenen Wertziffern können auf solche unmittelbar bezogen werden. Für andere Arten des Verschleißes gelten sie nur mittelbar, d. h. mit Einschränkungen, da keine Gesetzmäßigkeit mit den Prüfverfahren zu IV. a) bis e) besteht.

Versuchsanordnungen zu IV. b) und c).

Die vielseitig aufgestellte Forderung, die Angaben des Prüfgeräts nach den Verschleißanzeigen in der Praxis, am eingebauten Werkstoff zu eichen, ist vom Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen durch Einrichten von Versuchsstrecken und Ausrüsten von Lokomotiven mit bestimmten Radreifenstahlsorten großzügig aufgegriffen worden. Die größte Beachtung fanden die Prüfgeräte IV. b) und c), Typen Mohr-Amsler und Spindel. Aus den bei den Gleichmäßigkeitsprüfungen bei diesen Typen gemachten Erfahrungen ergab sich die Notwendigkeit, im Benehmen der Benutzer mit den Erfindern bzw. Lieferwerken je eine ganz bestimmte Versuchsanordnung festzulegen. Diese sei wegen ihrer allgemeinen Bedeutung mitgeteilt:

für die Mohr-Maschine bzw. () für die Amsler Maschine:
Probescheibe: Durchmesser 50 (40) mm, Breite 20 (10) mm.
Gegenscheibe: Härte = 650 Brinelleinheiten.
Lauffläche gedreht und geschliffen.
Anpreßdruck: 200 kg für 20 mm Breite,
100 kg für 10 mm Breite.
Rollgeschwindigkeit = 425 Umdr./Min.
Versuchsdauer = 200000 Umdrehungen ohne Staubentfernung.
Einlaufdauer bis 100000 Umdrehungen gestattet.
Abwägen der Probe nach Abwaschen mit Xylol.

Als Wertmaßstab für relative Feststellungen gilt eine Gewichtsabnahme von 1 g, deren Unterschreitung auf besonders hohen Verschleißwiderstand schließen läßt.

Für die Spindel-Maschine:
Scheibenwerkstoff Stahlblech von 60 bis 70 kg/mm² Festigkeit.
Scheibendurchmesser = 320 bis 250 mm.
Umlaufgeschwindigkeit 25 Umdr./Min.
Anpreßdruck = 5 kg, für sehr harte Stoffe = 10 kg.
Aufrauhen von Probestück und Scheibenrand.
Versuchsdauer bis zur Eindringtiefe von 1 mm.

Als Wertmaßstab für besonders hohen Verschleißwiderstand gilt Überschreiten der Spindel-Wertziffer von 30 (reziproke Zahl), bei einem Anpreßdruck von 5 kg.

Die Probeentnahmestelle in Radreifen und Schiene wurde für beide Prüfverfahren festgelegt.

Grundsätzlich werden bei allen Proben neben den Verschleißzahlen auch die mechanischen Gütewerte, die chemische Analyse und das Gefüge mitbestimmt.

V. Betriebserfahrungen.

Obschon die Zeit für die planmäßigen Beobachtungen zum Versuchsplan des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen noch nicht abgelaufen ist, und über abgeschlossene Ergebnisse zur Zeit nicht berichtet werden kann, liegen jedoch eine Reihe Teilergebnisse aus Betriebsbeobachtungen und Prüfstandsversuchen vor, welche das Verschleißproblem beleuchten. Sie betreffen u. a. sowohl Stahlsorten, die im Betriebe an Hand von Messungen als hochverschleißfest, als auch solche, die als besonders verschleißbar befunden wurden. Unter den harten Stahlsorten sind walzharte von einer Festigkeit über 90 kg/mm² und im Kopf gehärtete Schienen, unter den weicheren sind walzharte Schienen von 70 kg/mm² Festigkeit, die (in politisch unruhiger Zeit) mit hohem Schlackengehalt (0,5%) erzeugt worden waren, zu nennen. Übereinstimmung zwischen Betriebserfahrung und Prüfstandsversuch besteht im Falle des harten Werkstoffes für beide Verschleißarten I. a) und I. b), Verformung und Abscheuern, in Richtung hohen Verschleißwiderstands. Im Falle des stark verunreinigten Stahls erwies sich gleichfalls übereinstimmende Anzeige geringen Verschleißwiderstandes zwischen Betriebsmessungen und den Anzeigen beider Maschinentypen Mohr und Spindel. In den Fällen mittlerer Verschleißwerte finden sich zwischen den Anzeigen der beiden Prüfmaschinen untereinander und im Vergleich zu den Betriebsanzeigen noch Unterschiede, die teils der Maschinenstreuung, teils der Eigenart der Maschinentype zur Last fallen, teils durch weitere Untersuchungen noch zu klären sind. Erfahrungen aus den Betrieben der Landwirtschaft über den Abnutzungswiderstand des Werkstoffs ihres Geräts als Mähmesser, Pflugschar, bewegte Maschinenteile, sind neuerdings bei der Landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin gesammelt und decken sich größtenteils mit denen des Verkehrswesens. Aus dem allgemeinen Maschinenbau stammen vorzugsweise die günstigeren Erfahrungen mit der Verwendung hochwertigen Manganstahls.

VI. Literatur.

Dem vorliegenden Bericht liegt die Kenntnis des deutschen einschlägigen Schrifttums und der bemerkenswerten ausländischen Arbeiten zugrunde. Ein Verzeichnis der Literatur ist mit Rücksicht auf die Raumverhältnisse nicht beigegeben. Es wird als Anlage eines vom Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik, Ausschuß 21, in Angriff genommenen Berichtes vo raussichtlich noch 1929 im Druck erscheinen.

Schlußbemerkung.

Der Stand der Arbeiten über Abnutzungsprüfung kann für das Jahr 1929 dahin zusammengefaßt werden, daß die Prüftechnik um ansehnliche Kenntnisse des Verschleißvorganges und um bemerkenswerte Ansätze im Bau des Prüfgeräts bereichert worden und eine brauchbare Grundlage für weitere Durchführung der Arbeiten bis zum Erreichen des heißbegehrten Zieles geschaffen ist. Die Verwendung eines der heute bekannten Prüfgeräte in Abnahmeverhandlungen ist nicht gerechtfertigt. Der Werkstoffverbraucher ist zur Zeit auch nicht darauf angewiesen, eine Abnutzungsprüfung in seine Lieferbedingungen aufzunehmen. Die Behandlung der verschiedenen Einflußgebiete auf den Verschleiß und den Verschleißwiderstand hat gezeigt, daß es jetzt schon Möglichkeiten durch Vorschreiben gewisser Einzelgütewerte gibt, sich beim Einkauf einen Werkstoff mit einem auf die Eigenart der Betriebsabnutzung abgestimmten Verschleißwiderstand zu sichern.

Die umgekehrte Makro-Struktur bei gewissen Schienenherstellungsverfahren.

Bei den großen französischen Eisenbahngesellschaften herrscht eine gewisse Beunruhigung bezüglich der Herstellung von Thomas-Schienen. Z. Z. schreiben die Abnahmebedingungen für Schienen den Zug- und Schlagversuch an der eingekerbten Probe vor. Durch das Aufsuchen der Gründe für die Fehlstellen der Thomas-Blöcke, die für die Herstellung der Schienen verwendet werden, ist M. E. Decherf zur Auffindung der umgekehrten Makrostruktur geführt worden. Die Schmelze hatte beim Verlassen des Mischers als Kennzeichen der Flüssigkeit den Faktor $\frac{Mn}{Si} < 3$. Der Zuschlag bestand aus armem Spiegeleisen mit 4 bis 6% Mn. Bei der Ätzung des Schienenquerschnitts nach der Baumannschen Probe konnte Verfasser vier verschiedene Zonen feststellen. Um diese Verschiedenheiten in der Makro-Struktur zu prüfen, wurden folgende Versuche ausgeführt:

1. Prüfung der Makrostruktur.
2. Studium über die Veränderung der Brinell-Härte an einem Querschliff.
3. Chemische Zusammensetzung.
4. Metallographische Versuche.

Verfasser kommt auf Grund dieser Untersuchungen zu folgenden Ergebnissen: Das kennzeichnende Merkmal für die Flüssigkeit der Schmelze $\frac{Mn}{Si}$ ist ohne Einfluß. Nach seiner Ansicht handelt es sich um zu früh ausgewalzte Blöcke, die zwei verschiedene Zonen besitzen:

1. einen peripherischen, festen Teil oder „Solidus";
2. einen zentralen, noch flüssigen Kern oder „Liquidus".

Diese Liquidusblöcke haben im Laufe des Walzvorganges das Bestreben, anzuschwellen, weil der flüssige Teil, der noch Gase eingeschlossen enthält, nicht dem Druck der Außenkruste weicht; infolgedessen erleidet diese starke Spannungen, die sie nach dem Verlassen der Walzen, zum Aufblähen bringt. Je nachdem sich der Walzdruck mehr in der Nähe dieser Zone bemerkbar macht, wird unter der Mitwirkung der Gase der flüssige, gedrückte Kern gegen die Randteile gepreßt, indem er die Einschlüsse mit sich reißt, die stets im heißesten Teile des Blockes angehäuft sind.

Zu diesen Ausführungen nimmt Albert Portevin Stellung. Er gibt zu, daß die umgekehrte Seigerung auf das Auswalzen eines nicht vollständig festgewordenen Blockes zurückzuführen ist. Für die umgekehrte Seigerung gibt er folgende Erklärung:

Der Kern hat einen geringeren Gehalt an Kohlenstoff, Phosphor und Schwefel. Der Block ist zu früh ausgewalzt worden, als seine Kernzone noch nicht vollständig fest war. Diese Zone befindet sich zwischen der Solidus- und Liquidustemperatur. Sie wird aus Mischkristallen mit niedrigem Kohlenstoff- und Phosphorgehalt gebildet, die in einer kohlenstoff- und phosphorreichen Lösung schwimmen, die Schwefel- und Phosphoreinschlüsse enthält. Er vergleicht sie mit einem Schwamm, der mit einer kohlenstoffreichen und verunreinigten Lösung getränkt ist. Wird dieser Schwamm durch den Walzdruck zusammengepreßt, so schweißen die Dendriten zusammen, indem sie in der Mitte eine kompakte Masse bilden, während die verunreinigte und hinausgepreßte Lösung sich zwischen dieser Masse und der festen, aber plastischen Kruste einnistet. Praktische Versuche haben die Beziehung zwischen dieser Erscheinung und dem verfrühten Austritt der Blöcke aus dem Tiefofen bestätigt. Mz.

(Bull. d. Congr. d. Ch. d. f.)

Schienenabnutzung und ihre Prüfung.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. Kühnel.

(Vortrag auf der 25. Diskussionstagung des Schweizerischen Verbandes für Materialprüfung in Zürich am 22. März 1929.)

Unter Schienenabnutzung soll im folgenden nur die Verringerung des vorhandenen Kopfquerschnitts durch Abreißen einzelner Spänchen verstanden sein.

Als Ursache des Abreißens, das ohne Verformung oder Ermüdung als direkte örtliche Überschreitung der Zugfestigkeitsgrenze auftritt, genau wie das Spanabheben bei der Schleifscheibe, kommt in erster Linie der Schlupf, d. h. ein teilweises Gleiten in Frage. Rein rollende Reibung erzeugt keine nennenswerte Abnutzung, sowie aber eine zwangsläufige

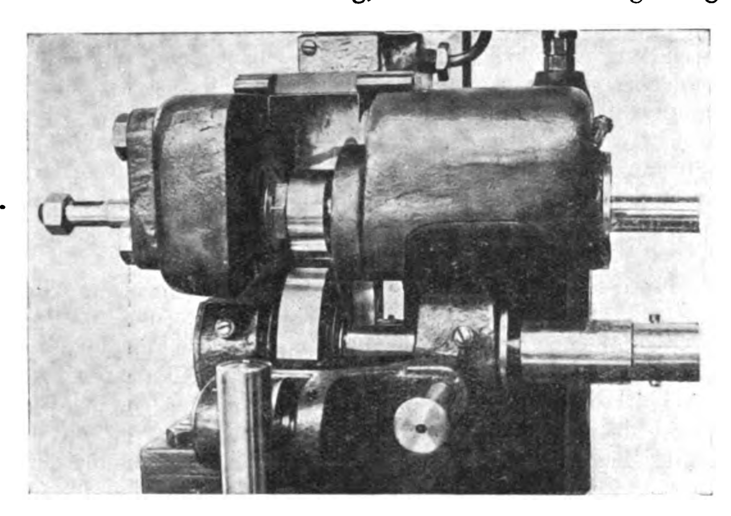


Abb. 1. Abnutzungsprüfmaschine Mohr & Federhaff. Anordnung der Prüfrollen.

Verzögerung dieser rollenden Reibung von nur 1% eintritt, macht sich sofort Abnutzung bemerkbar. Aufschluß über die Ursache dieser starken Wirkung eines so geringen Schlupfgrades gibt uns die Betrachtung von Proberollen einer Abnutzungsprüfmaschine, die mit 1% Schlupf arbeitet. Abb. 1 zeigt die Anordnung der beiden Rollen der Maschine, Abb. 2 die geprüfte Rolle. An dieser ist die Riffelbildung, d. h. die Unterbrechung der normal abgenutzten Oberfläche durch besondere Schliffstellen deutlich erkennbar. Wir können daraus entnehmen, daß der Schlupf, selbst in geringem Grade, nicht eine rein gleichmäßige Verzögerung der rollenden Reibung hervorruft, sondern daß diese durch mehr oder weniger große Absätze rein gleitender Reibung unterbrochen wird. Dieser Anteil an rein gleitender Reibung scheint hauptsächlich die Ursache der Abnutzung zu sein. Einzelne Abnutzungsprüfmaschinen scheinen für die Ausbildung solcher Gleitflächen besonders günstig zu sein. Bei der Schiene, die gelegentlich gegenüber dem Rad ähnliche Schlupfabnutzung haben kann, zeigen sich auch ähnliche Riffeln.

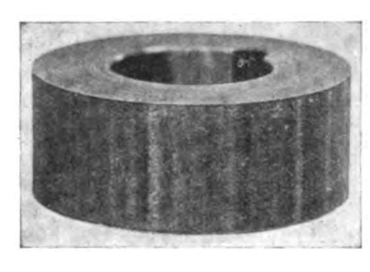


Abb. 2. Geprüfte Rolle (Riffelbildung).

Die Frage, welche Ursache den Schlupf im Eisenbahnbetriebe hervorruft, soll in diesem Zusammenhang nicht weiter berührt werden. Hingewiesen sei auf eine Veröffentlichung im „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens" 1928, Heft 21.

Außer dem Schlupf spielen Gewicht, Geschwindigkeit und Zahl der Züge sowie der Radreifenwerkstoff naturgemäß eine erhebliche Rolle.

Neben der reinen Abnutzung veranlaßt das Fahrzeug vielfach noch eine Verformung der Lauffläche, die bei härteren Schienen (über 80 kg/mm² Zugfestigkeit) allerdings verringert auftritt. Sie erreicht im allgemeinen nur geringe Tiefe und wird in mäßigem Umfange als erwünscht bezeichnet, da sie Kalthärtung und somit Steigerung der Abnutzungsfestigkeit herbeiführen soll. Die damit verbundene Erhöhung der Zugfestigkeit beträgt nach unserer Beobachtung bei weicheren Schienen (60 bis 70 kg) etwa 30 kg/mm², bei härteren Schienen



Abb. 3. Riffelbildung einer Schiene (ähnlich der in Abb. 2).

von 90 kg aufwärts etwa 10 kg/mm². Wir haben jedoch auch aus dem Betriebe Schienen erhalten, die als verschleißfest bezeichnet wurden und nur etwa 80 kg/mm² Oberflächenfestigkeit statt 90 bis 100 erreicht haben. Gegen die Seitenabnutzung kommt zudem diese Oberflächenhärtung kaum zur Wirkung. Gelegentlich kommt es vor, daß die Verformung des Kopfes soweit geht, daß an der ganzen Fahrfläche in der Längs- und Querrichtung Abquetschungen auftreten. Diese besonderen Verhältnisse sollen in diesem Zusammenhange nicht behandelt werden.

Abb. 4 zeigt das Auftreten der Abnutzung in der Innenseite des Kurventeils am Übergang zwischen Führungs- und Fahrfläche. Erreicht die Abnutzungskante die Unterseite des Kopfes, so lösen sich lange Späne ab (Abb. 5). Dieser Zustand wird je nach dem Charakter der Strecke nach ganz verschiedenen Zeiten (zwei Monate bis zehn Jahre) erreicht. Zum Streckencharakter gehört die Lage des Gleises, seine Krümmung und Steigung, die Zahl der darüber fahrenden Züge, die Art des Werkstoffs der Radreifen u. a. Die einzelne Strecke kann also selten für das Verhalten des Schienenwerkstoffs eine allgemein gültige Wertung geben.

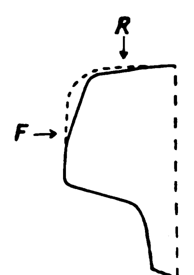


Abb. 4. Roll- und Führungskante. Abnutzung in der Kurve.

Es entsteht nun die Frage, ob die Abnutzungsfestigkeit tatsächlich eine besondere Eigenschaft des Werkstoffs ist — ohne Beziehung zu Zugfestigkeit, Härte oder Aufbau —, oder ob nicht Schienen, die abnutzungsfest sind, sich gleichzeitig durch abweichende mechanische Eigenschaften und chemische Zusammensetzung kennzeichnen lassen. Das Gegebene wäre, Schienen, die der Betrieb als abnutzungsfest bezeichnet, nach den verschiedensten Richtungen hin einer Untersuchung zu unterziehen. Diesen Weg haben wir

beschritten. Es bleibt aber immerhin der Nachteil, daß längere Zeit vergeht, bis die Angaben des Betriebes vorliegen, ferner, daß zufällige Abweichungen des Betriebes während der Abnutzungszeit das Ergebnis beeinflussen können und schließlich, daß die Angaben der Betriebsbeamten von der auswertenden Stelle abweichend gedeutet werden können, weil der Begriff Abnutzung noch zu wenig einheitlich ist. Es ist daher in jedem Falle sehr erwünscht, auf Prüfständen unter Nachahmung der Betriebsverhältnisse eine Wertzahl

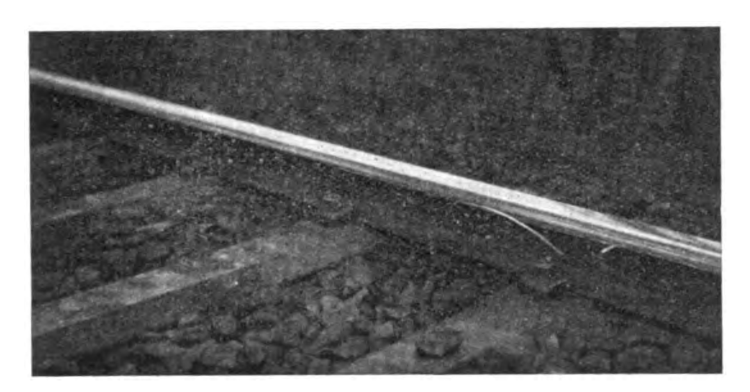


Abb. 5. Stark abgenutzte Innenfläche eines Schienenkopfes.

für die Abnutzungsfestigkeit zu gewinnen und damit gleichzeitig die Betriebsangaben einer Nachprüfung zu unterziehen.

Selbst wenn die hierfür einstweilen vorhandenen Maschinen noch nicht voll befriedigen und ihre Ergebnisse mehr technologisch als exakt zu werten sind, so bedeuten sie doch in dem genannten Zusammenhang einen erheblichen Fortschritt. Wir verwenden in Deutschland die Maschinen von Mohr & Federhaff, Amsler und M. A. N. (Spindel).

Benennung	Abmessungen	Werkstoff	Schema	sonstige Angaben
Probe	50 mm Dmr. 20 mm breit	beliebig		Umdrehungszahl n = 400 Uml/min Schlupf 1% erreicht durch Verkleinerung des Durchmessers bei zwangläufigem Antrieb Druck 200 kg
Prüfscheibe	100 mm Dmr. 20 mm breit	z. B. stahlfeilenhart		

Abb. 6. Abnutzungsprüfmaschine Mohr & Federhaff. Arbeitsbedingungen.

Benennung	Abmessungen	Werkstoff	Schema	sonstige Angaben
Probe	40 mm Dmr. 10 mm breit	beliebig		Umdrehungszahl n = 200 Uml/min Schlupf 1% Druck 100 kg
Prüfscheibe	40 mm Dmr. 10 mm breit	z. B. Stahl 55 kg/mm² Zugfestigkeit ungehärtet oder stahlfeilenhart		

Abb. 7. Abnutzungsprüfmaschine Amsler. Arbeitsbedingungen.

Versuchsausführung der Maschine Mohr & Federhaff. Zwei zwangläufig angetriebene Rollen laufen unter 1% Schlupf und Gewichtsbelastung gegeneinander. Abb. 6 zeigt die Versuchsbedingungen der älteren, von uns benutzten Maschine. Die neuere Maschine hat kleinere und nur halb so breite Rollen. Amsler wendet ein ähnliches Verfahren an. Abb. 7 zeigt die Versuchsanordnung. Die drei Hauptursachen der Abnutzung, Schlupf, Druck und Geschwindigkeit können freilich auf den Maschinen von Mohr & Federhaff und Amsler den Betriebsverhältnissen nur in grober Annäherung angepaßt werden.

Das Versuchsergebnis beider Maschinen ist ein Gewichtsverlust in Gramm, also eine relative Abnutzungszahl. Abb. 8 zeigt oben den Wertbereich für Mohr & Federhaff (bei Amsler ähnlich). Nach der guten Seite (0,7 bis 1 g) läßt der Bereich leider an Ausdehnung zu wünschen übrig, so daß verschleißfeste Schienen untereinander im Grad der Verschleißfestigkeit nicht mehr zu unterscheiden sind.

Das Bild enthält gleichzeitig unten den Bereich der auf der Abnutzungsprüfmaschine nach Spindel erreichten Werte, die im Gegensatz zu den vorgenannten nach der verschleißfesten Seite ein ziemlich breites Band (25—200) zeigen, das ausreichend ist, um die verschiedenen Grade der Steigerung der Abnutzungsfestigkeit gut hervortreten zu lassen. Das Ergebnis dieser Maschine, deren Versuchsbedingungen im folgenden

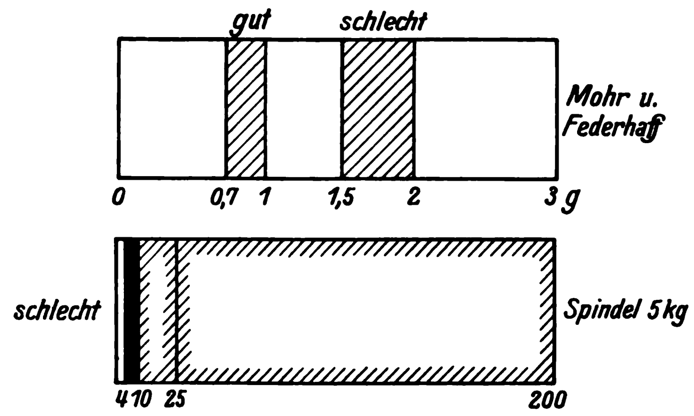


Abb. 8. Bereich der Abnutzungsprüfergebnisse.

noch erörtert werden, ist eine Zahl für Verschleißfestigkeit, die als Verhältnis zum ausgeschliffenen Probenvolumen errechnet wird.

Wie die Proben für die Maschinen vom Amsler und von Mohr & Federhaff entnommen werden, ergibt sich aus Abb. 9.

Die innere Fahrfläche der Schiene, auf die es besonders ankommt, kann hierbei kaum erfaßt werden. Günstiger liegen die Verhältnisse bei der Abnutzungsprüfmaschine nach Spindel, mit der man sowohl den Querschnitt, wie auch die Lauf- und die Führungsfläche prüfen kann (Abb. 10). Die Ausführung eines Abnutzungsversuchs besteht darin, daß eine Scheibe von 300 mm Durchmesser und 1 mm Breite in dem Werkstoff unter Gewichtsbelastung (5 kg) einen Schnitt erzeugt.

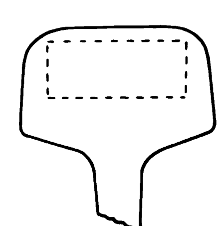


Abb. 9. Lage der Abnutzungsprüfrollen (Mohr & Federhaff) im Schienenkopf.

Die sonstigen Versuchsbedingungen bei dieser Prüfmaschine *) zeigt Abb. 11. Man könnte annehmen, daß eine Prüfung unter rein gleitender Reibung den Betriebsverhältnissen auf der Strecke nicht entspricht. Wenn man sich jedoch der

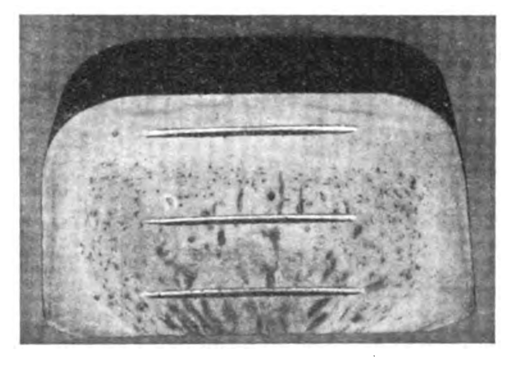


Abb. 10. Anordnung der Schnitte der Abnutzungsprüfmaschine (Spindel) quer auf dem Schienenkopf (geätzt).

einleitenden Worte über die Riffelbildung erinnert, so wird man zu der Erkenntnis kommen, daß diese Maschine geeignet ist, uns ein angenähertes Bild der Abnutzungsfestigkeit zu

*) S. auch Organ 1928, Heft 2.

geben, weil das Wirksame ihrer Ursache — des Schlupfes — die rein gleitende Reibung ist. An Stelle der vorgesehenen Belastung von 5 kg bei 30 m Anfangsgeschwindigkeit auf die Minute empfiehlt Spindel auch noch die Belastung mit 10 kg bei 20 m Anfangsgeschwindigkeit; er glaubt, daß diese Versuchsbedingung der stärkeren Streckenbelastung entspricht.

Benennung	Abmessungen	Werkstoff	Schema	sonstige Angaben
Probe	beliebig	beliebig		Umdrehungsgeschwindigkeit 30 m/min Schlupf 100% Druck 5 kg
Prüfscheibe	320 mm Dmr 1 mm breit	z. B. Stahl von 60 kg/mm² Zugfestigkeit		

Abb. 11. Abnutzungsprüfmaschine MAN (Spindel). Arbeitsbedingungen.

Nun hat Kerscht*) bereits Versuche mit 5 und 10 kg Anpreßdruck durchgeführt; allerdings mit anderen Geschwindigkeiten von 50 bis 500. Er fand bei 10 kg etwa halb so hohe Werte bei absolutem parallelem Verlauf der Kurven für Kohlenstoffstahl von 0,36 bis 0,94 % C.

Zahlentafel 1.

Ergebnisse der Abnutzungsprüfung (Spindel) mit 5 und 10 kg/mm².

Lfd. Nr.	Bezeichnung	10 kg	5 kg	Bemerkungen
1	Ts	2,25	4,7	
2	Ax	3,9	9,7	
3	Al	5,15	9,4	
4	E	5,9	14,1	
5	H_2	10,0	14,0	Querwerte nur etwa $^2/_3$
6	H_1	13,0	15,0	
7	A	5,4	16,5	
8	Dö	30,0	60,0	Sehr schwankend, Querwerte $^1/_3$
9	Sc	15,0	106,0	
10	U	52	212,0	Bes.-Martinstahl mit hohem C-Gehalt
11	K_3	59	156,0	
12	U_3	34	21	Elektrost. mit hohem Si-Gehalt
13	U_4	35	24	

Wir haben in unserer Versuchsanstalt ebenfalls Versuche mit 10 kg Belastung bei 20 Umdrehungen in der Minute durchgeführt, deren Ergebnis die Zahlentafel 1 enthält. Die Werte sind nach steigender Verschleißfestigkeit geordnet. Eine Ausnahme bilden die Schienen U_3 und U_4, Elektrostahl mit hohem Gehalt von Si, die wegen der abweichenden Herstellung und Zusammensetzung ans Ende der Kurve gesetzt wurden. In teilweisem Gegensatz zu den Ergebnissen von Kerscht finden sich hier Fälle, in denen der Werkstoff der Schienen sich bei doppelter Belastung abweichend verhält. Wenn man das Ergebnis der Schiene A betrachtet, die — vom Werk als verschleißfest bezeichnet — im Betriebe keine Überlegenheit zeigt, so scheint die Annahme Spindels zuzutreffen, daß bei doppelter Belastung das Verhalten der Schienen bei schwerem Betriebe besser gekennzeichnet wird. Die doppelte Belastung gibt nämlich hier niedrigere Werte als die Hälfte. Auch bei den Schienen U_3 und U_4 scheint die doppelte Belastung (10 kg) Werte zu geben, die mit den Betriebsergebnissen, die leider nicht ganz eindeutig waren, besser übereinstimmen. Allein schon bei den Schienen H. 2 und H. 1 ist das Gegenteil zu beobachten. Diese Schienen haben sich im schweren Bergbetrieb nicht bewährt, während sie bei 10 kg Belastung auf der Prüfmaschine günstige Werte (höher als die Hälfte) aufwiesen.

*) Mitteilung aus der Versuchsanstalt der Vereinigten Stahlwerke, Bd. 22, Lief. 6.
Vergl. Untersuchungen über Verfahren zur Bestimmung des Verschleißwiderstandes von Stahl. Von Dipl.-Ing. M. Kerscht.

Ebenso abweichend, aber in entgegengesetzter Richtung, liegt der Wert Sc. Diese Schiene hat sich bei schwerer Belastung gut bewährt, zeigte aber, mit 10 kg geprüft, abweichende auf $^1/_7$ verringerte Werte gegenüber der Belastung mit 5 kg. In solchen Fällen wirkt anscheinend die Scheibe mehr als Bearbeitungswerkzeug, bei dessem dünnem Querschnitt die auftretende Reibungswärme Abweichungen des Verhaltens hervorruft, die mit den Abnutzungsvorgängen auf der Strecke nicht mehr in Beziehung zu setzen sind, viel eher dagegen mit der Bearbeitbarkeit des Werkstoffes. Die Belastung mit 5 kg ist also zweifellos günstiger, wertet gleichmäßiger und erfaßt mehr den Abnutzungs- als den Bearbeitungsvorgang. Nun ermittelt man auf der Spindelprüfmaschine auch noch das Verhältnis des Schleifweges zum abgeschliffenen Scheibenvolumen. Dieses ergibt ein Maß für die gegenseitige Beeinflussung der Werkstoffe. Wesentliche Unterschiede konnten aber nach dieser Richtung hin bisher nur ausnahmsweise festgestellt werden, da ja immer der gleiche Scheibenwerkstoff verwendet wurde.

Die Frage einer gegenseitigen Beeinflussung zwischen dem Werkstoff des Probestücks und der Probescheibe — im Betriebe also zwischen Rad und Schiene — hat eine recht erheblich Bedeutung. An sich wären bei allen genannten Prüfverfahren planmäßige Abänderungen der Versuchsbedingungen möglich, um jene Wechselbeziehungen zu untersuchen. Das ist aber nicht ratsam, da schon bei einheitlicher Versuchsausführung Fehlerquellen genug vorhanden sind, so daß man bei einer Vielseitigkeit der Versuchsergebnisse erst recht den Faden für die Deutung der auftretenden Vorgänge verlieren würde. Die Versuchsanstalten in Deutschland haben sich daher hinsichtlich des Prüfscheibenwerkstoffs eine weitgehende Einschränkung auferlegt und sich im wesentlichen auf die bereits beschriebenen Versuchsausführungen beschränkt.

Als Fehlerquellen sind anzusehen bei den Maschinen von Mohr & Federhaff sowie von Amsler: Unterschiede im Werkstoff der Gegenrollen, nämlich im Zustand der Oberfläche, dem Schliff und der Härte; in Abweichungen der Rollenauflage, besonders bei wiederholtem Einbau nach Zwischenwägungen; in der Art des Einlaufs und in der Wirkung des Verschleißstaubes, der auf den Verschleißprüfmaschinen mehr oder weniger oxydiert ist, auf der Strecke dagegen kaum. Bei Spindel: in der Schmalheit des Schnitts, die Abweichungen des Werkstoffaufbaus zu stark hervortreten läßt; in der Abführung der Wärme durch den schmalen Querschnitt; in der Ungenauigkeit der Bestimmung des Versuchsendes bei 1 mm Schnittiefe; ferner im Scheibenwerkstoff und dem Einlauf der Scheibe. Bei Scheiben gleicher Festigkeit und gleicher chemischer Zusammensetzung erhielten wir gelegentlich ziemlich erhebliche Unterschiede, so daß der Wert der Abnutzungsfestigkeit im Mittel bis 30 % bei Prüfung des gleichen Werkstoffes streute. Die Möglichkeit, diese einstweilen unbekannten Streuungsursachen doch noch zu erkennen und abzustellen, bleibt zu erhoffen. Ergibt sich also, daß Schienen gleicher Zusammensetzung und gleicher Festigkeit von einer Abnutzungsprüfmaschine verschieden gewertet werden, so ist hierdurch noch nicht einwandfrei erwiesen, daß wirklich eine abweichende Abnutzungsfestigkeit vorliegt. Möglich ist ebensosehr, daß eine Häufung von Streuungseinflüssen die Abweichung herbeiführt. Wenn man lang genug mit den Prüfmaschinen gearbeitet hat, ist es möglich, auftretende Streuungen rechtzeitig zu erkennen. Es empfiehlt sich jedenfalls, bei allen Abnutzungsprüfmaschinen stets Vergleichswerkstoffe auf Lager zu halten, um gegen Ausfälle durch Streuung gesichert zu sein oder diese rechtzeitig auszuschalten. Wir prüfen ferner jede Scheibe nach Gebrauch, auf Zugfestigkeit, chemischer Zusammensetzung und Aufbau.

Es soll nunmehr eine Besprechung der einzelnen Ergebnisse folgen, die die Untersuchung verschieden abnutzungsfester

Schienen erbracht hat. In der ersten Gruppe sind Schienen normaler Lieferung zusammengestellt, die unter gewöhnlichen Betriebsverhältnissen auf günstigen, ebenen Strecken eine zu geringe Lebensdauer aufwiesen; ferner solche, die sich normal verhalten haben. In der zweiten Gruppe sind Schienen zusammengestellt, die sich in schwerem Betriebe auf kurvenreichen Strecken zwar normal verhielten, deren Liegezeit aber dem Betriebe noch nicht genügte. In der dritten Gruppe sind enthalten: abnutzungsfestere Schienen, und zwar solche aus reinem Kohlenstoffstahl und solche aus Legierungsstahl, vornehmlich mit erhöhtem Si- und Mn-Gehalt. Ermittelt wurden: die chemische Zusammensetzung, der Aufbau, die Zugfestigkeit und die Abnutzungsfestigkeit auf den Maschinen von Mohr & Federhaff und von Spindel. Von der chemischen Zusammensetzung ist nur der Kohlenstoff-, Si- und Mn-Gehalt angegeben, da bei den übrigen Bestandteilen (Phosphor und Schwefel) nur geringere Abweichungen beobachtet wurden, die die Abnutzungsfestigkeit nicht übermäßig beeinflußt haben. Für die Darstellung der Ergebnisse ist das Schaubild gewählt, links chemische, rechts mechanische Prüfergebnisse. Nennenswerte Aufbaufehler, die mit der Abnutzungsfestigkeit in Verbindung zu bringen wären, haben wir nicht festgestellt; infolgedessen ist auf weitere Angaben über den Aufbau verzichtet. Die Abnutzungsfestigkeit ist auf der Mohr & Federhaff-Maschine als Gewichtsverlust nach 200000 Umdrehungen einschließlich Einlauf ermittelt. Da sich hierbei ein negativer Wert als Gewichtsverlust ergibt, so wurde, um einen parallelen Verlauf in den Ergebnissen der Spindel-Prüfmaschine zu erhalten, der Abstand der ermittelten Verlustzahl vom ermittelten Höchstgewicht von 2 g in Rechnung gesetzt, so daß also eine Schiene mit dem Abnutzungswert 1,2 g in der Aufzeichnung mit 0,8 g erscheint. Wird diese Zahl noch mit 100 multipliziert, so passen sich diese Zahlen gerade denen für die Zugfestigkeit an, so daß die Schaubilder in gleicher Größenordnung erscheinen. Die Abnutzungsfestigkeit nach Spindel wurde erhalten als Mittelwert von mindestens vier Schnitten aus dem Querschnitt und der Außenseite der Schiene längs. Sämtliche Schnitte lagen außerhalb der im Betrieb beanspruchten Zone, stellten also einen Normalzustand dar. Die Zahlentafel 2 zeigt nun die Ergebnisse von Schienen einer ebenen Kurvenstrecke bei mittlerer Beanspruchung nach steigendem C-Gehalt geordnet. Die beanstandeten Schienen lagen auf dem Gleis Hannover—Kreiensen und zwischen Corbetha—Leipzig sowie Halle—Leipzig. Von den normalen Schienen lag die eine in der Direktion Oppeln, die andere

Zahlentafel 2.

Zusammenstellung der Ergebnisse von Schienen aus ebenen Kurvenstrecken.

Abkürzung Tafel 1	Strecke	C	Si	Mn	Zugfestigkeit kg/mm²	Abnutzung Mohr & Federhaff	Abnutzung Spindel	Bemerkungen
E	Elze	0,32	0,05	0,69	60	75 (1,25)	14	Vorschnell abgenutzt
M_s	Thekla—Mockau	0,37	0,19	0,88	69	52 (1,48)	12 (5,5)	
D_s	Dürrenberg—Corbetha	0,45	0,29	0,95	72	80 (1,2)	13 (5,7)	
J	Jellowa—Kreuzburg	0,24	0,22	0,52	58	40 (1,6)	18	Normal
Mn	Thekla—Mockau	0,42	0,18	0,65	63	83 (1,17)	15 (6,4)	Normal

Anmerkung: Unter Spindel sind die eingeklammerten Werte für Ms, Ds und Mn nach einem älteren Verfahren bestimmt, dem heutigen entsprechen etwa die davorgesetzten Werte.

ebenfalls auf der Strecke Halle—Leipzig. Beachten wir zunächst den C-Gehalt, so liegt er bei den beanstandeten Schienen zwischen 0,30 und 0,45 und bei den normalen kaum wesentlich anders. Der Siliziumgehalt der beanstandeten Schienen schwankt in ziemlich weiten Grenzen zwischen 0,05 und 0,3%, der der normalen Schienen liegt im gleichen Bereich. Dagegen scheint es beim Mangangehalt, als ob ein niedrigerer Mangangehalt für die Abnutzungsfestigkeit günstiger wäre. Einstweilen mag dieser Hinweis genügen, denn zu weitergehenden Schlüssen reicht die Zahl der hier durchgeführten Untersuchungen nicht aus. Bei den mechanischen Eigenschaften liegt die Zugfestigkeit der beanstandeten Schienen zwischen 60 und 75 kg/mm², die der normalen infolge des niedrigeren Mangangehalts näher an 60. Wir finden also die auch von Spindel schon früher hervorgehobene Tatsache, daß Schienen höherer Zugfestigkeit im Betriebe mitunter weniger verschleißfest sein können. Die Abnutzungsfestigkeit nach Spindel schwankt zwischen 10 und 15 bei den beanstandeten, und zwischen 15 und 20 bei den normalen Schienen. Die Prüfmaschine läßt also einen kleinen Unterschied zugunsten der normalen Schienen erkennen. Die Mohr & Federhaff-Prüfmaschine wertet die Schiene J ungünstiger, die Schiene Mn etwas günstiger als die beanstandeten Schienen. Abgesehen von dem erwähnten Unterschied im Mangangehalt und geringe Unterschiede auf der Spindel-Maschine, die aber im Streuungsgebiet liegen, sind also wesentliche Unterschiede zwischen beanstandeten und normalen Schienen nicht zu erkennen. Zahlentafel 3 enthält die Ergebnisse der Untersuchungen an Schienen mit schärferen Krümmungen von 500 m abwärts und zwar ist unterschieden zwischen Gebirgsbetrieb und Stadtbahn(Vorort-)betrieb, bei diesem noch zwischen Dampf- und elektrischem Betrieb; es hat sich nämlich ergeben, daß elektrisch betriebene Züge, in denen die Zahl der angetriebenen Achsen ja wesentlich größer ist, die Schienen wesentlich stärker abnutzen. (Stärkerer Anzug mit mehr Schlupf!) Die Haltbarkeit sämtlicher in diesen Strecken liegenden normalen Schienen befriedigt noch nicht, eine erhebliche Verlängerung der Liegedauer wäre erwünscht. Unter den Gebirgsschienen befindet sich als erste eine Kleinbahnschiene. Die beiden nächsten Schienen stammen von der schlesischen Gebirgsstrecke Hirschberg—Lauban, die Schiene A endlich war bereits als verschleißfest angeliefert und im Siegerland bei Altenhundem verlegt. Die Schienen der Dampfstadtbahnstrecke stammen beide von der Berliner Stadtbahn. Von der elektrischen Vorortstrecke lagen die beiden ersten auf der Berliner Nordstrecke nach Bernau und die dritte auf der Stadtbahn Hamburg—Altona.

Die C-Gehalte lagen etwas höher bei den Probeschienen aus den Gebirgslinien und den elektrischen Vorortstrecken, in denselben Grenzen auf der Stadtbahndampfstrecke. Der Si-Gehalt schwankt in noch weiteren Grenzen, siliziumfreie wechseln ab mit solchen von mehr als 0,3%, ohne daß wesentliche Unterschiede im Betriebsverhalten zu beobachten sind. Die Mangan-Gehalte liegen von über 0,7% bis über 1%. Die Zugfestigkeit liegt bei allen Schienen zwischen 65 und 75 kg/mm², nur bei der Schiene A — diese war vom Werk bereits als verschleißfest bezeichnet — über 80 kg/mm². Die Abnutzungsfestigkeit nach Spindel bewegt sich zwischen 10 und 15 bei den Gebirgsschienen, und nur die Schiene Altenhundem, die aber im Gebirgsbetrieb nicht befriedigt hat, erscheint noch etwas verschleißfester, was sie in der Ebene und bei leichterem Betriebe wohl auch sein würde. Die Stadt- und Vorortschienen liegen um 10 herum. Es sind dies sämtlich Werte, die als normal und teilweise schon etwas zu niedrig anzusehen sind.

Die Mohr & Federhaff-Werte sind nur teilweise vorhanden. Deutlich heben sich ab A, Ch und Ax, ohne daß diese im Betriebe

ein besonders günstiges Verhalten gezeigt hätten; bei letzteren gab auch die Spindel-Prüfung kein günstiges Ergebnis.

Zahlentafel 3.

Schwere Zugbeanspruchung in scharfen Bogen. Gebirg-, Stadt- und Vorortverkehr.

Abgekürzte Bezeichnung	Strecke	C	Si	Mn	Zugfestigkeit kg/mm²	Abnutzung Mohr & Federhaff	Abnutzung Spindel	Bemerkungen	
Kö	Königstein (Taunus)	0,38	Sp.	0,89	67	—	11	Kleinbahn	Gebirge
H 1	Hirschberg—Lauban	0,39	0,05	0,80	66	53 (1,47)	15	Vollbahn	Gebirge
H 2	Hirschberg—Lauban	0,46	0,15	0,78	70	20 (1,80)	14	Vollbahn	Gebirge
A	Altenhundem	0,51	0,33	0,90	82	94 (1,06)	16	Vollbahn	Gebirge
Ch	Charlottenburg	0,33	0,08	1,19	69	68 (1,32)	10	Stadtbahn Berlin	Dampf, betrieb
Ax	Alexanderplatz	0,36	0,05	0,77	65	82 (1,18)	10	Stadtbahn Berlin	Dampf, betrieb
N 1	Nordstrecke	0,45	0,10	0,80	73	39 (1,61)	10	Vorortbahn Berlin Nordstrecke	Elektr. Betrieb
N 2	Nordstrecke	0,35	0,14	0,94	74	30 (1,70)	12	Vorortbahn Berlin Nordstrecke	Elektr. Betrieb
Al	Altona	0,54	0,19	0,72	74	—	10	Stadtbahn Hamburg	Elektr. Betrieb

Es sind nun auch heute schon Schienen vorhanden, deren Zusammensetzung eine gesteigerte Abnutzungsfestigkeit — sowohl auf Prüfmaschinen als auch im Betriebe — erwarten läßt oder schon erwiesen hat. In der Zahlentafel 4 sind zunächst die Ergebnisse von reinem Kohlenstoffstahl zusammengestellt, auch wieder wie vorher, nach steigendem C-Gehalt geordnet. Von den beiden ersten Schienen liegen bereits gute Betriebserfahrungen vor, die beiden letzten sind ungarische Schienen, die sich auch bewährt haben. Der C-Gehalt liegt zwischen 0,75 und 0,90%, der Mn-Gehalt ähnlich, bis auf die Ausnahme bei U_2. Siliziert sind alle Schienen dieser Gruppe, die letzte sogar ziemlich stark. Die Zugfestigkeitswerte liegen nahe an 100, beide Verschleißprüfmaschinen werten die Schienen ebenfalls günstig, wobei auf der Spindelmaschine die Probe U_1 (gleichzeitig mit höchstem Mangan-Gehalt) sich besonders auszeichnet. Auffallend bleibt der plötzliche Anstieg der Abnutzungsfestigkeit bei eutektischen Schienen gegenüber denjenigen mit 80 kg Zugfestigkeit.

Zahlentafel 4.

Abnutzungsfeste Schienen aus Kohlenstoffstahl an verschiedenen Stellen verlegt.

Abgekürzte Bezeichnung	Strecke	C	Si	Mn	Zugfestigkeit kg/mm²	Abnutzungsfestigkeit nach Mohr & Federhaff	Abnutzungsfestigkeit nach Spindel	Bemerkungen
Chr	Stadtbahn Charlottenburg	0,75	0,15	0,84	98	100 (1,00)	50	Stadtbahnweichen auch auf anderen Strecken verlegt
Sr	Stadtbahn Schles. Bhf.	0,82	0,17	0,78	96	95 (1,05)	60	
U 1	Ungarische Schienen	0,87	0,15	0,94	107	—	212	Kohlenstoffstahl aus dem K.-Ofen
U 2	Ungarische Schienen	0,87	0,29	0,30	100	95 (1,07)	130	

Nun lassen sich verschleißfeste Schienen ja auch noch durch Erhöhung der anderen beiden hauptsächlichsten Legierungselemente Si und Mn erreichen und die nun folgende Zahlentafel 5 gibt uns Auskunft über die damit bereits erreichten Fortschritte. Von den darin behandelten Schienen wurden die drei letzten erst vor kurzer Zeit verlegt, bei Dö liegen von der gleichen Legierung günstige Erfahrungen z. Z. nur in Braunkohlenwerken vor. Die Schiene Dr ist von Straßenbahnbetrieben als genügend verschleißfest bezeichnet worden. Die Schiene B erreichte nicht das Ende ihrer Betriebszeit, sondern brach. Das Bild links zeigt wieder die Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung.

Die Kohlenstoffgehalte liegen etwa zwischen 0,40 und 0,55 mit zwei Ausnahmen Dr und Dö, die niedrigere Werte haben. Die erste und die beiden letzten Schienen zeigen hierbei eine noch mäßige Erhöhung des Si-Gehaltes zwischen 0,30 und 0,50%, dagegen ist der Mn-Gehalt hier kräftig in die Höhe getrieben auf 1,34, 1,8 und 2,00%. Auch bei den Schienen Dr und K überwiegt noch der Mn-Gehalt (über 1), der Si-Gehalt mit etwa 0,7% nähert sich ihm allerdings schon stark, um ihn schließlich bei K_2 und Dö, U_3 und U_4 zu übertreffen, so daß nunmehr Si-Mn-Stähle vorliegen, während die vorhergehenden als Mn-Si-Stähle anzusprechen wären.

Die Zugfestigkeit liegt bei allen diesen Schienen ebenfalls hoch — zwischen 85 und 95 kg — mit Ausnahme von Dr.

Die Abnutzungsfestigkeit nach Spindel ist bei B schon merklich gehoben, bei Dr und K dagegen nicht viel über normal. Die weiteren Schienen zeigen sämtliche hohe Werte.

Zahlentafel 5.

Abnutzungsfeste Schienen mit Anreicherung von Si und Mn.

Abgekürzte Bezeichnung	Strecke	C	Si	Mn	Zugfestigkeit kg/mm²	Abnutzungsfestigkeit nach Mohr & Federhaff	Abnutzungsfestigkeit nach Spindel	Bemerkungen
B	Bebra—Frankfurt	0,52	0,33	1,34	90	110 (0,90)	24	Gebrochen nach sechs Jahren
Dr	Straßenbahn Dresden	0,25	0,66	1,06	72	—	15	
K 1	—	0,43	0,95	0,96	83	100 (1)	22	
K 2	—	0,56	0,72	1,37	92	127 (0,73)	85	
Dö	In Braunkohlenbergwerken bew.	0,34	1,90	1,04	88	93 (1,97)	70	
U 3	Unbekannt	0,51	1,81	0,45	88	97 (1,03)	65	Ungarische Schienen Elektrostahl
U 4	Unbekannt	0,51	2,02	0,45	90	101 (0,99)	70	

Die Abnutzungsfestigkeit nach Mohr & Federhaff ist bei allen Schienen ziemlich hoch. Bemerkenswert ist die übereinstimmend günstigste Wertung, die beide Prüfverfahren dem Stahl K_2 mit höchstem Gehalt an Si wie an Mn zuteil werden lassen.

Bekanntlich sind aber die Hüttenleute für die Erzeugung abnutzungsfester Schienen nicht allein auf Si und Mn angewiesen. Von jeher war auch Cr in diesem Zusammenhang beachtet. So berichtet man aus England über Schienen mit 1% Cr und 0,5 bis 0,55 C bei 0,80 bis 0,85% Mn (Si nicht genannt) und 93 bis 96 kg/mm² Zugfestigkeit, die sich in Weichen sehr befriedigend verhalten haben. Ein deutsches Versuchsstück ähnlicher Zusammensetzung mit über 100 kg Zugfestigkeit zeigte auf beiden Prüfmaschinen sehr gute Werte, etwa wie K_2; das Stück war aber schon schwerer bearbeitbar.

Sicherlich ist die Liste der Legierungsbestandteile, die zur Steigerung der Abnutzungsfestigkeit beitragen können, heute noch längst nicht abgeschlossen. Das ist zu begrüßen, denn der Hüttenmann ist bei ihrer Auswahl ohnehin dadurch stark eingeengt, daß er gezwungen ist, die Zähigkeit der Schiene nicht zu verringern und auch ihren Preis so zu halten, daß für die Eisenbahnen ein Anreiz entsteht, sie einzuführen. Es muß in diesem Zusammenhang auch auf die Erhöhung der Abnutzungsfestigkeit hingewiesen werden, die durch beschleunigte Abkühlung des Schienenkopfes nach dem Walzen erreicht werden kann.

Es empfiehlt sich zum Schluß, noch der sogenannten guten alten Zeit zu gedenken, in der angeblich die Schienen viel besser und auch viel verschleißfester waren als heute. Auch darüber haben wir einige Untersuchungen angestellt, die sich naturgemäß nur auf einen Vergleich auf den Prüfmaschinen erstrecken konnten, denn die Betriebsverhältnisse von einst und jetzt sind nicht mehr vergleichbar, und Schienen alter Zusammensetzung werden nicht mehr verlegt.

Sowohl eine alte Schweißeisenschiene, wie Bessemerstahlschienen und überhaupt Schienen alter Fertigung aus den 80er Jahren, die vom Betriebe sehr gelobt wurden, sich aber längst auf Nebenstrecken befinden, sind auf der Mohr & Federhaff- wie auf der Spindel-Maschine untersucht worden. Die Ergebnisse haben in keinem Falle die Gütegrenzen überschritten, die wir für normale Schienen erhalten haben. Jedoch war eine merkliche Steigerung der Verschleißfestigkeit bei erhöhtem Phosphorgehalt stets nachzuweisen. Man kann daher wohl mit ziemlicher Sicherheit aussprechen, daß die so gerühmten Schienen alter Fertigung uns wahrscheinlich erheblich enttäuschen würden, wenn wir sie noch einmal auf Vollbahnstrecken mit schwerem Betrieb oder auf Nebenbahnen mit scharfen Krümmungen verlegen könnten.

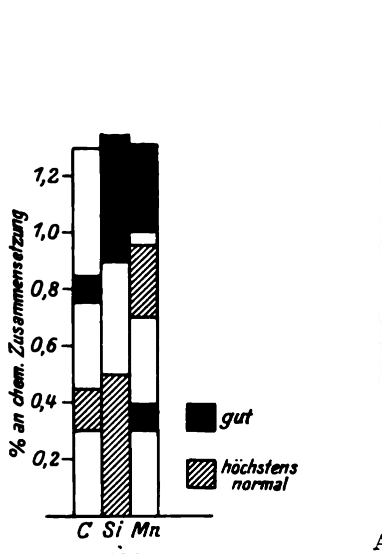
Die Abb. 12 ergibt nun eine Übersicht über den Bereich der chemischen Zusammensetzung der als schlecht oder höchstens normal anzusehenden Schienen, im Vergleich zu den abnutzungsfesten Schienen. Wird die Erhöhung der Festigkeit durch Kohlenstoffvermehrung erzielt, so liegt der Bereich der neuen Schienen deutlich abgetrennt und wesentlich höher als bisher, der Si- und Mn-Gehalt kann dabei in den bisherigen Grenzen verbleiben. Wird die Verbesserung der Abnutzungsfestigkeit durch Erhöhung des Si- oder Mn-Gehaltes erstrebt, so sind ebenfalls Zusätze verwendet, die höher liegen als bisher. Auch der C-Gehalt muß in diesem Falle bis zu dem höherliegenden Gebiete zwischen 0,40 und 0,55% gesteigert werden. Bei hoch liegenden C- und Si-Gehalten kann gegebenenfalls sogar mit Mangan gespart werden, so daß in diesem Falle noch ein Mangangehalt zwischen 0,30 und 0,40% für abnutzungsfeste Schienen als ausreichend erscheint.

Die Bereiche der Werte für Zugfestigkeit und Widerstand gegen Abnutzung zeigen in Abb. 13 ähnlich klare und nicht verschwimmende Abgrenzungen wie die der chemischen Zusammensetzung. Bei den Ergebnissen nach Mohr & Federhaff ist die Scheidung nicht so klar und der Bereich zur Unterscheidung abnutzungsfester Schienen untereinander ziemlich eng, während die Ergebnisse der Spindelprüfmaschine erwarten lassen, daß innerhalb der Bereiche der erwünschten Abnutzungsfestigkeit noch starke Steigerungen bei richtiger Wahl der chemischen Zusammensetzung möglich seien.

Die umfassende und vielseitige Anordnung der Untersuchungen die man zur Klärung der Frage der Verschleißfetsigkeit durchführen muß, bringt es mit sich, daß man trotz jahrelanger Arbeit nur eine beschränkte Zahl von Ergebnissen erhält, während gerade angesichts der Schwierigkeit dieses Gebietes möglichst viel Untersuchungen nötig sein werden, ehe man Gesetzmäßigkeiten wirklich erkennt. Einige lassen sich aber vielleicht schon heute in Umrissen festlegen.

Bei der normalen Schiene mit einer Zugfestigkeit zwischen 60—70 kg/mm² zeigten sich wesentliche Unterschiede zwischen den vom Betrieb beanstandeten und als normal bezeichneten Schienen nicht. Es bestätigte sich aberdie Beobachtung Spindels, daß beispielsweise Schienen mit 70 kg/mm² mitunter, aber nicht immer, weniger abnutzungsfest sein können, als die von 60 kg/mm². Auf den Prüfmaschinen für Abnutzung sind geringe Unterschiede erkennbar, die der Wertung des Betriebes gleich laufen. Sie liegen aber noch innerhalb des Streuungsgebiets und erlauben daher keine eindeutige Bewertung.

In solchen Fällen können besondere, nicht ohne weiteres erkennbare Betriebsveränderungen eingetreten sein, die die vorschnelle Abnutzung herbeiführten. Im schweren kurvenreichen Betrieb, Gebirgs- oder Stadtbahn, verschleißt die gewöhnliche Schiene ohnehin ziemlich schnell. Selbst eine Steigerung der Zugfestigkeit bis auf beinahe 85 kg/mm², die von den Abnutzungsprüfmaschinen ebenfalls als Steigerung der Abnutzungsfestigkeit angezeigt wird, bringt hier noch



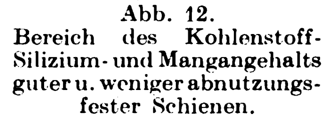


Abb. 12. Bereich des Kohlenstoff-Silizium- und Mangangehalts guter u. weniger abnutzungsfester Schienen.

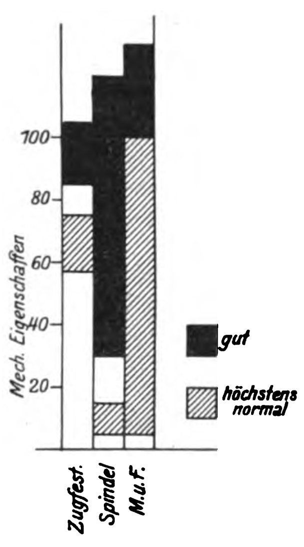


Abb. 13. Bereich der Zugfestigkeit u. der Abnutzungsfestigkeit nach Spindel und Mohr & Federhaff bei guten und weniger abnutzungsfesten Schienen.

nicht viel Gewinn. Durch weitere Erhöhung des C-Gehaltes mit Zugfestigkeiten über 90 kg/mm² unter Erhöhung der Zuschläge von Si, Mn und Cr läßt sich eine Erhöhung der Verschleißfestigkeit erzielen, die sowohl auf den Prüfmaschinen wie im schweren Kurvenbetrieb bestätigt wird. Auch die besondere Wärmebehandlung des Kopfes ergibt, sofern bestimmte Härten nicht unterschritten werden, Erhöhung der Abnutzungsfestigkeit. Verschleißfeste Schienen werden sich also — abgesehen von denen mit beschleunigter Kopfabkühlung — sowohl in der chemischen Zusammensetzung wie den mechanischen Eigenschaften von der noch viel gebrauchten Kohlenstoffstahlschiene von 60 bis 80 kg/mm² Zugfestigkeit erheblich unterscheiden. Diese Unterschiede werden genügen, um die Schienengüte bei der Abnahmeprüfung festzulegen. Bei der versuchsweisen Erzeugung und Bewertung der in Frage kommenden Legierungen wird man beim Erzeuger und zur Nachprüfung in der Versuchsanstalt des Verbrauchers die Verschleißprüfmaschine nicht entbehren können, weil ja nicht jede dieser möglichen Legierungen in größerem Umfang zu Schienen ausgewalzt und verlegt werden kann. Trotz einiger Unzulänglichkeiten werden uns diese Maschinen gute Dienste leisten, weil die Gebiete verschleißfester und normaler Schienen sich hier klarer voneinander abgrenzen als bei der bloßen Beobachtung im Betriebe.

Riffelbildung auf Vollbahnschienen.

(Bericht über eine Untersuchung der Riffelerscheinung auf der österreichischen Bundesbahnstrecke Lend—Schwarzach-St. Veit.)

Dr. techn. **A. Steller,** Judenburg (Steiermark).

Die Riffelbildung, als eigenartige wellenförmige Abnützungserscheinung an den Schienenlaufflächen, zählt seit geraumer Zeit zu recht unliebsamen Erscheinungen im Straßenbahnbetrieb und hat durch ihr Auftreten auch bei Vollbahnen die Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Wenn auch die Ursache dieses Übels bisher nicht einwandfrei erkannt werden konnte, so ist doch nicht von der Hand zu weisen, daß durch Vereinigung von theoretischer Untersuchung der Bewegungsverhältnisse, die sich zwischen Fahrzeugrad und Schiene abspielen, mit eingehenden Beobachtungen und Messungen an den Fahrflächen der Schienen eine Klärung dieser Erscheinung herbeigeführt werden kann.

Die bisherigen Untersuchungen des Verfassers auf diesem Gebiet waren nur auf Straßenbahnschienen beschränkt und haben erkennen lassen, daß hier die Riffelbildung zum Großteil auf eine Relativbewegung zwischen Rad und Schiene zurückzuführen ist. Diese Bewegung erfolgt derart, daß zufolge einer wenn auch nur ganz geringen Schrägstellung (wenige Bogenminuten) des Rades gegen die Schienenfahrbahn, ein periodisches Aufsteigen des Rades in der Hohlkehle seines Spurkranzes auf der Schienenkante erfolgt, vorausgesetzt, daß der Rundungshalbmesser der Hohlkehle größer als jener der Schienenkante ist, also „Einpunktberührung" stattfindet. Dadurch entsteht abwechselnd sowohl eine Berührung der Radlauffläche mit der Schienenlauffläche als auch der Spurkranzhohlkehle mit der abgerundeten Schienenkante, was weiterhin eine periodische Abnützung genannter Laufflächen bedingt und somit entsprechende Erhöhungen und Vertiefungen an den Schienen erzeugt.



Abb. 1. Riffelbildung auf einer äußeren Bogenschiene.

Um dieses Ergebnis weiter ausbauen und einen entsprechenden Vergleich mit der Riffelbildung an Vollbahnschienen anstellen zu können, wurde eine ausgeprägte Riffelstrecke der Österr. Bundesbahn von Lend bis Schwarzach-St. Veit einer eingehenden Untersuchung unterzogen.

Die Strecke verläuft zweigleisig an einer Berglehne in mäßiger Neigung. Die talwärts befahrene Strecke wies ausgeprägte Riffelbildung auf, während die Bergstrecke nur ab und zu leichte Ansätze dieser Erscheinung zeigte.

Abb. 1 gibt ein Stück der äußeren Bogenschiene, unweit der Station Lend, nächst km 74,3 wieder. Die Schiene entstammt einer Lieferung des Werkes Kladno (Profil Normal A 15 m lang, Lieferung 1914) und wurde 1915 eingebaut. Die gemessene Gesamtabnützung der Schienenlauffläche betrug 1,3 bis 1,6 mm. Die in Abb. 1 deutlich sichtbaren lichten Stellen zeigten im Mittel eine Erhöhung von 0,03 bis 0,05 mm gegen die dunklen Vertiefungen. Die Seitenkante der Schiene wies hingegen eine Abnützung von 9 bis 12 mm auf. Es war ebenfalls eine wellenförmige Abnützung derart erkennbar, daß die Wellenberge als dunkle Flecken unmittelbar mit den Wellentälern der Schienenlauffläche übereinstimmten, wie Abb. 1 deutlich wiedergibt.

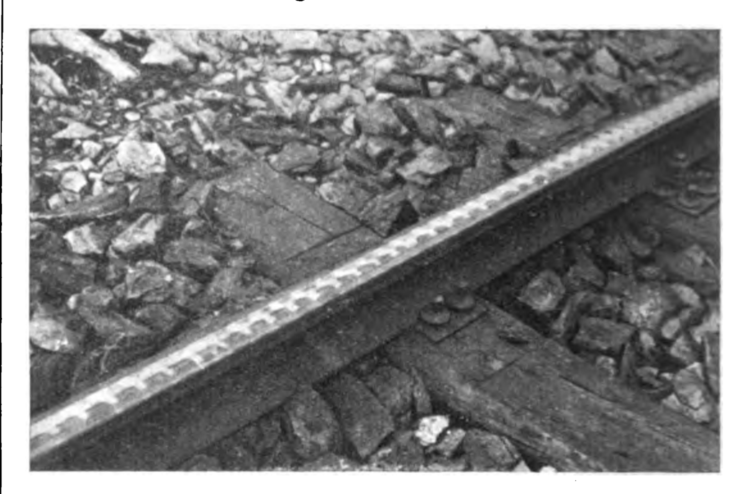


Abb. 2. Riffelbildung auf einer Schiene in der Geraden mit besonderer Ausprägung der Riffeln an der Schieneninnenkante.

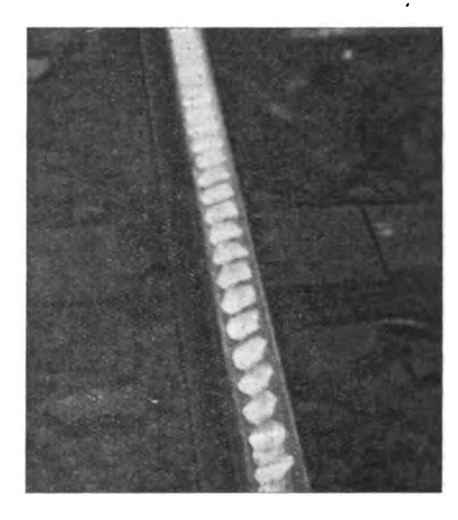


Abb. 3. Geriffelte Schienenoberfläche bei gerader Strecke.

Ein weiteres Bild ähnlicher Art zeigt Abb. 2, jedoch aus gerader Strecke. Die Schiene war gleicher Lieferung, wie jene in Abb. 1. Auch hier fällt besonders die wellenförmige Abnützung der Schienenkante auf. Eigenartig ist das teilweise Zusammenhängen der weißen Wellenberge auf der Schienenlauffläche, über dessen vermutliche Ursache noch gesprochen werden soll. Abb. 3 zeigt die geriffelte Laufschienenoberfläche von oben aufgenommen. Besonders erwähnenswert wäre noch, daß diese Schienen fast ausschließlich auf festem Naturfels, also auf äußerst unelastischer Unterlage liegen, während beim Gleis der Bergstrecke aufgeschüttetes Material den Unterbau bildet. Im letzten Tunnel vor der Station Schwarzach-St. Veit, wo beide Gleise auf gleicher Bettung, also auf Naturfels, verlegt sind, war die Erscheinung an sämtlichen vier Schienen besonders auffallend.

Zur näheren Untersuchung wurde ein Stück ausgebauter Schiene dieser Strecke mit ausgeprägter Riffelbildung auf-



genommen um daran verschiedene Messungen vorzunehmen. Abb. 5 zeigt ein Bild der Oberfläche dieses Schienenstückes. Mittels einer Zeißschen Meßuhr wurden die Höhenkoten der Oberfläche über einer Richtplatte gemessen und in ein Raumdiagramm Abb. 6 im Maßstab 100:1 eingetragen. Die hier dargestellten Erhöhungen entsprechen den weißen Flecken der Oberfläche in Abb. 5. Die Begrenzung der in Abb. 6 abgebildeten Oberfläche entspricht der Abb. 5. Bei genauer Beobachtung ist auch im letzgenannten Bild entsprechend den größten Erhöhungen an der Schienenlauffläche (lichte Flecken) eine vermehrte Abnützung gegen die Schienenkante festzustellen. Die Brinellsche Kugeldruckprobe ergab sowohl für die lichten als auch für die dunklen Stellen der Schienenoberfläche die gleichen Werte von 93 kg/mm², während das Material an einer der Schnittflächen, und an der äußeren Kopfseite, also an nicht befahrenen oder abgenützten Flächen, 76 bis 78 kg/mm² aufwies. Daraus ist



Abb. 4. Riffelbildung auf beiden Schienen in der Geraden.

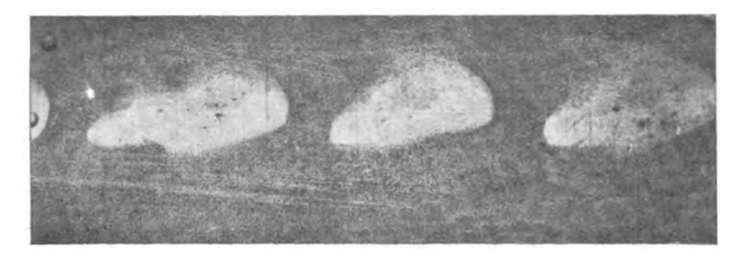


Abb. 5. Oberfläche eines ausgebauten Schienenstückes der untersuchten Riffelstrecke.

deutlich die bekannte Erscheinung der Kalthärtung des Materials an der befahrenen Oberfläche erkennbar.

Die Analyse des Materials ergab an Beimengungen: C 0,43, Mn 1,04, Si 0,05, P 0,077 und S 0,044 v. H., woraus zu ersehen ist, daß es sich um normalen Thomas-Schienenstahl handelt.

Auf Grund der gemachten Beobachtungen kann somit über die vermutlichen Ursachen der Riffelbildung auf diesem Streckenabschnitt folgendes gesagt werden: Es wäre naheliegend für die Erklärung der Erscheinung den Walzvorgang der Schiene bei deren Herstellung heranzuziehen. Durch die Einwirkung der Walzenantriebskrauseln tritt tatsächlich eine wellenförmige Gestaltung der gewalzten Oberflächen auf. Diese erstreckt sich jedoch erfahrungsgemäß über die ganze Breite des Walzgutes, was bei dem untersuchten Schienenstück nicht festgestellt werden konnte. Das Diagramm Abb. 6 zeigt deutlich eine Abnahme der relativen Wellenhöhe gegen die äußere, also vom Rad unbeeinflußte Schienenkante. Zufolge der festgestellten Gesamtabnützung der befahrenen Flächen hätte auch der Walzeinfluß verschwinden müssen, da eine Weiterbildung der Wellen durch dynamische Einflüsse, wie sie bei Straßenbahnschienen beobachtet wurde, wegen der geringen Wellenhöhe nicht anzunehmen ist. Die hier untersuchten Schienen zeigten die Riffelbildung einige Zeit nach Inbetriebnahme und haben sie weiter beibehalten, trotz der im Laufe der Zeit durch Verschleiß aufgetretenen Verringerung der Kopfhöhe.

Da weiter die befahrene Schienenoberfläche überall gleiche Härte zeigte, kann die Ursache der wellenförmigen Abnützung nicht in ungleicher Materialzusammensetzung liegen.

Es dürfte sich also bei diesen Schienen nur um äußere, mechanische Einflüsse der Fahrzeuge handeln, als Folgeerscheinung einer Schwingbewegung der Radsätze in achsialer Richtung gegen die mehr oder weniger nachgiebige Schiene. Wie eingangs erwähnt, steht die Radachse im allgemeinen nicht rechtwinklig zur Schienenrichtung, so daß die Radebene einen (wenn auch ganz kleinen) Winkel mit letztgenannter Richtung einschließt. Es wird somit das Rad, welches mit seinem Spurkranz an der Schienenkante zum Anlauf gelangt, das Bestreben haben, an dieser bis zu jener Lage hochzuklettern, welche durch das Gleichgewicht der jeweils wirkenden Kräfte bestimmt ist, um dann wieder abzugleiten, worauf sich das Spiel neuerdings wiederholt. Diese Bewegung ruft eine abwechselnde Abnützung der Schienenkante und der Lauffläche hervor, wodurch die Grundlage zur Riffelbildung gegeben ist. Die Dauer dieser Schwingbewegung hängt in erster Linie von der Differenz der Rundungsradien von Spurkranzhohlkehle und Schienenkante ab und beeinflußt vereint mit der Fahrgeschwindigkeit die Länge der Riffeln*). Die Nachgiebigkeit des Unterbaues steht in engem Zusammenhang mit der Dämpfung der ausgelösten Schwingung. Dafür spricht auch die gemachte Beobachtung, daß bei jenen Schienen, welche auf angeschüttetem Material verlegt sind, die Fahrflächen nur leichte Ansätze zur Riffelbildung zeigen, während bei Bettung auf gewachsenem Fels die wellenförmige Abnützung voll ausgeprägt ist, wie die Abbildungen erkennen lassen.

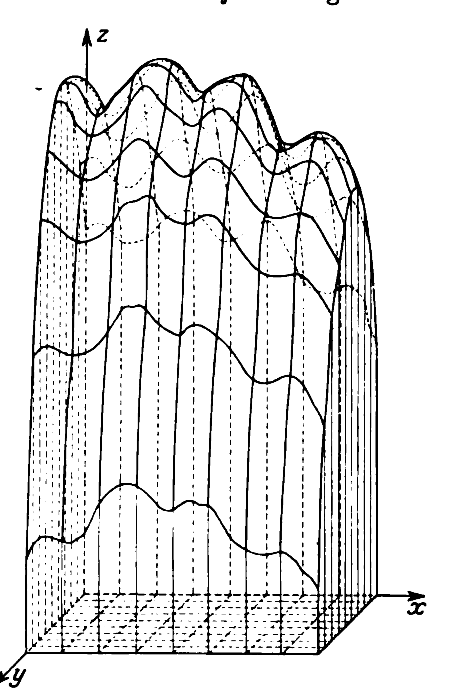


Abb. 6.
Schienenoberfläche der Abb. 5 als Raumdiagramm mit Höhenkoordinaten 100:1 dargestellt.

Einer besonderen Erwähnung bedarf noch die auffallende Blankscheuerung der „Riffelberge", wodurch diese so stark sichtbar werden. Fährt ein Rad, dessen Spurkranz aus irgend einem Grunde nicht an der Schienenkante anläuft, das aber zufolge der Bewegungsgesetze, des längs einer vorgeschriebenen Fahrbahn geführten Rades einen kleinen Teil seines Weges gleitend zurücklegt, über diese geriffelte Schiene, so wird es bei entsprechender Geschwindigkeit über diese Riffelberge hinwegfegen und so die blanken Stellen und Zusammenhänge der Riffelberge erzeugen. In gleicher Weise wird auch der Einfluß eines gebremsten Rades erkennbar sein.

*) Dr. Ing.-Dissertation des Verfassers: Beitrag zur Theorie der Riffelbildung an Straßenbahnschienen, Technische Hochschule Graz, März 1927.

Fünfte Deutsche Gießerei-Fachausstellung Düsseldorf 1929.

Nach vierjähriger Pause hatte der Verein Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband, gelegentlich seiner 59. Hauptversammlung in Düsseldorf wieder eine Gießerei-Fachausstellung veranstaltet, die vom 4. bis 22. September d. J. geöffnet war. Ihr lag der Leitgedanke „Sparsame Wirtschaft im Gießereibetrieb" zugrunde, um zu zeigen, daß auch ohne besonderen Geldaufwand wirtschaftliche Vorteile schon durch richtige Ausnutzung der Rohstoffe, Verringerung des Ausschusses, Rationalisierung der menschlichen Arbeit zu erzielen sind. Auch die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft hatte sich an der Ausstellung beteiligt, indem die Schweiß-Versuchsabteilung der DRG. in Wittenberge die Röntgenprüfung mit Hilfe einer Seifert-Spektralisovolt-Röntgeneinrichtung im Betriebe vorführte und sehr interessante Prüfungsergebnisse zur Schau gestellt hatte. Die Röntgenanlage wird bei der DRG. für die Untersuchung von Eisen- und Stahlbauwerken und die Prüfung von Kesseln, Behältern, Feuerkisten und Gußstücken aller Art in den Werkstätten verwendet. Es wird der dem Netz entnommene Wechsel- oder Drehstrom in einem Hochspannungs-Spezialtransformator auf 200 kV hochtransformiert. Der hochgespannte Wechselstrom wird sodann mittels zweier Hochspannungsglühventile gleichgerichtet. Da der erhaltene Gleichstrom aber intermittierend ist, so werden zwei Hochspannungskondensatoren von besonders großer Kapazität zur Erzeugung konstanter Gleichspannung aufgeladen und die Röntgenröhre kann so mit dem erforderlichen konstanten Gleichstrom gespeist werden. Für die Heizung der beiden Glühventile und die Glühkathode der Elektronen-Röntgenröhren sind Transformatoren vorhanden, die in Hartgummigefäße mit Ölfüllungen eingebaut sind. Eine Funkenstrecke dient zur Messung der Hochspannung. Als Röntgenröhre wird die für Röntgen-Werkstück-Untersuchungen besonders geeignete „Müller-Matwa-Metalix" mit Strahlenschutz benutzt. Diese Lampe ist in einem Bleimantel mit darüberliegender Bakelitschicht eingehüllt. Die Strahlen können nur durch eine bestimmte Öffnung austreten, so daß das Personal nicht durch vagabondierende Strahlen gefährdet ist. Die Lampe liegt in einem Kasten, dessen innere Deckelseite mit Blei beschlagen ist, da die Strahlen nach oben austreten. Auf den Kasten wird das zu untersuchende Werkstück gelegt, das die Strahlen durchdringen. Damit ergibt sich ein Röntgenstrahlenschattenbild, das mit dem Leuchtschirm auf einer fluoreszierenden Masse und mit einem unter 45° geneigt liegenden Spiegel für den Beobachter sichtbar gemacht wird oder mit Hilfe einer röntgenphotographischen Aufnahme auf der lichtempfindlichen Schicht eines Films oder einer Platte bzw. eines photographischen Papiers festgehalten wird. Bis zu 50 mm starkes Gußeisen kann noch in direkter Beobachtung untersucht werden. Zur Entwicklung der Filme wird eine transportable Tankeinrichtung von Richard Seiffert & Co., Hamburg benutzt. Ein Stereoskop dient zur räumlichen Betrachtung von Röntgenbildern.

Von den untersuchten Werkstücken war ein warmgeschweißter Lokomotiv-Zylinder, -Zylinderdeckel, -Dampfsammelkasten, Pumpenzylinder, ein Lokomotiv-Kreuzkopf mit Rissen in der Kolbenstangen-Muffe mit den zugehörigen Röntgenaufnahmen ausgestellt. Auf Grund dieser konnte mangelhafte Schweißung, falsche Warmbehandlung, Haarrisse festgestellt werden. Bei der Untersuchung der Schweißung am Dampfsammelkasten wurde zufällig eine frühere Abdichtung durch Kupferpfropfen gefunden, die aber wie das Bild zeigte, schlecht ausgeführt worden war. Interessant war der Ausschnitt aus einer Schweißstelle, in der ein Elektrodenrest mit eingeschmolzen war, ohne daß es der Schweißer gemerkt hatte. Mit diesen Darbietungen der DRG. dürfte die Röntgenuntersuchung in der Werkstoffprüfung zum ersten Male in der Öffentlichkeit gezeigt worden sein.

Das Schweißen wird auch zur Reparatur von solchen Gußstücken benutzt, die Löcher und Lunkerstellen haben. Hierbei ist das Auftreten von Spannungen, die zu späteren Rißbildungen führen können, wie eine Verzunderung beim Schweißen bereits bearbeiteter Flächen vielfach nicht zu vermeiden. Die Metallisator Berlin A.-G. hat neuerdings ihr Metallspritzverfahren auch zum Ausfüllen von Löchern und Lunkern in Eisen-, Stahl- und Metallgußstücken geeignet gemacht, wie sie auf der Ausstellung zeigte. Nachteile sollen dabei nicht auftreten und die Bearbeitung des eingespritzten Metalls in gleicher Weise wie die des Grundmetalls erfolgen können.

Die Gesellschaft für nichtrostenden Guß zeig[illegible] zum ersten Male „Nichtrostendes Gußeisen, Guronit"[illegible] Aus ihm hergestellte Gegenstände sollen die gleiche[illegible] schaften wie solche aus nichtrostendem Stahl ha[illegible] wesentlich billiger sein. Im polierten Zustande weist es [illegible]vunder-volle Farbtönungen auf und bleibt dauernd blank. [illegible] eignet sich u. a. für alle Griffe und Beschläge an Autos, Str[illegible]enbahn- und Eisenbahnwagen.

Für Gießereikrane führte die AEG-Berlin ihren [illegible]ppel-Kranmotor für zwei Geschwindigkeiten in Verbindung [illegible]t einer neuen Feinregulierung durch Tippschaltung im Betrie[illegible] vor, die beim Arbeiten mit den Modellen, Kernen und For[illegible]kästen sehr geringe Geschwindigkeiten und die Zurücklegung kleinster Wege ermöglicht. Mit der Tippschaltung wird die Einschaltzeit auf ca. 0,3 Sek. und der Weg auf ca. 0,6 mm heruntergedrückt, der bisher nur zu 2,6 mm bei einer Vollast-Hubgeschwindigkeit von 3 m/Sek. im günstigsten Falle zu erzielen war. Durch fortgesetztes Niederdrücken und Loslassen eines Knopfes mit der Hand oder dem Fuß wird ein elektromagnetischer Schalter, ein Schütz betätigt, durch das der Motorstrom ein- und ausgeschaltet oder geschwächt wird. Der Magnetbremslüfter bleibt dabei gelüftet, so daß alle Bewegungen stoßfrei erfolgen.

Max Uhlendorf, Berlin-Lichtenberg hatte den neuen „UDO"-Doppelkammer-Elektro-Ofen für Scheidenhärtung von Arbeitsstählen ausgestellt. Bei diesem erfolgt in der unteren Muffel (bei Schnellstahl ca. 800°C) die langsame Vorwärmung zwecks Verhütung von Härterissen, in der oberen alsdann schnelle Aufheizung auf Härtetemperatur (bei Schnellstahl ca. 1300°C) zwecks Vermeidung von Entkohlung. Beide Muffeln sind je für sich schalt- und regelbar.

Einen beachtenswerten elektrischen Glüh- und Härteofen als Chromnickel-Muffelofen führten die SSW-Berlin auf dem Stande des RWE. Reisholz vor. In diesem werden bei Temperaturen bis 1100°C Härtungen und Zementierungen von Metallteilen vorgenommen. Die Heizwicklung aus hochwertiger Chromnickellegierung liegt frei in einer hochfeuerfesten Wandung aus Spezial-Schamotte, die von starken Isolierschichten umgeben ist. Die Heizwicklung im Boden ist durch ein Blech von hochwärmebeständigem Metall abgedeckt. Der Ofen ist mit genauer Temperaturreglung ausgestattet. Zum Blankhärten, Zementieren und Anlassen von Stählen und zum Blankglühen von Metallegierungen in einem Härtebade aus besonderen Salzen bei Temperaturen bis etwa 1000°C ist auch der SSW-Salzbad-Tiegelofen anzuführen.

Der Temperaturbestimmung und -einhaltung wird heute in allen Wärmeprozessen größte Beachtung geschenkt. Für solche Messungen waren daher eine Reihe von Instrumenten nach verschiedenen Prinzipien ausgestellt: Strahlungs-, Glühfaden- und optische Pyrometer, letztere teils die Helligkeits-, teils die Farbenunterschiede des strahlenden Körpers bei verschiedenen Temperaturen benutzend. **Przygode.**

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

84. Jahrgang | **1. November 1929** | **Heft 21**

Die Federung des Gleises.

Von Dr. Ing. **Bloss**, Dresden.

Als Maßzahl für die elastische Nachgiebigkeit des in Kies oder Schotter verlegten Gleises wird allgemein die Bettungsziffer betrachtet. Diese Zahl ist nur angenähert bekannt. Die Messungen, nach denen sie unmittelbar bestimmt wurde, sind um 1870 herum angestellt worden. In den neunziger Jahren hat dann Wasiutynski aus seinen Beobachtungen einige Werte für die Bettungsziffer rechnerisch abgeleitet, also mittelbar bestimmt. Seither ist nichts Ausführliches mehr [illegible]nmen worden, die Bettungsziffer zu messen; wir [illegible] insbesondere für die neuesten Ausführungsformen der gestam[illegible]ften und der gewalzten Bettung die Bettungsziffer nicht.

W[illegible]iutynski hat darauf hingewiesen, daß die elastische Nach[illegible]iebigkeit des Gleises nicht nur von der Art der Bettung, sondern auch von der des Untergrundes abhängt, so daß man also besser von der „Schwellen-Unterlageziffer" sprechen würde. Das elastische Verhalten des Gleises ist, um dafür Grenzen zu nennen, anders auf nachgiebigen Erddämmen als auf der Sohle eines Felseinschnittes. Gelegentliche Einzelmessungen haben ferner dargetan, daß die Bettungsziffer stark abhängig ist von Witterungseinflüssen. Bildet man dafür eine Reihe, so steht auf der untersten Stufe die Bettung auf lehmigem Untergrunde, der durch Regen aufgeweicht wurde und dadurch seine Tragfähigkeit vollständig eingebüßt hat. Es ist allgemein bekannt, daß ein solcher Zustand eine lebhafte Sorge für jeden Gleispfleger bildet. Die gesunde Mitte ist gegeben durch das elastische Schotterbett auf tragfähigem, gleichfalls elastisch nachgiebigem Erddamme. Die ungünstigste Auswirkung nach der anderen Seite stellt die Verhärtung des Bettungskörpers dar, sei es, daß er durch abgemahlenen Staub mit Schlamm betonartig zusammenbäckt oder daß er sich durch Frosteinwirkungen zum Eisklumpen umbildet. In beiden Fällen geht die elastische Nachgiebigkeit völlig verloren.

Das Maß der Federung, das für das offene Gleis erwünscht ist, hat Saller aus Rechnungen über die Größe der Stoßdrücke angenähert festgelegt. Er kommt zu dem Schlusse, daß eine gleichmäßige, elastische Nachgiebigkeit von der Größenordnung der elastischen Einsenkung einer Holzschwelle hinreiche, die Stoßdrücke gut zu verarbeiten. Dieses Maß der Nachgiebigkeit genüge auch als Federwirkung, um ein weiches Fahren zu erzielen; im übrigen müßten dann erhöhte Anforderungen an die Federung in erster Linie vom Fahrzeug bestritten werden.

Hiernach kann man das Gleis im Schotterbett als ein Tragwerk auffassen, bei dem das Schotterbett nebst den oberen Schichten des Unterbaues eine Federung mit starker Reibungsdämpfung darstellt. In Abb. 1 ist das dadurch zum Ausdruck gebracht, daß die elastische Nachgiebigkeit der Bettung durch sinnbildlich gedachte Spiralfedern angedeutet ist, wobei die Federn noch ein Stück in den Untergrund hineinreichen, um dessen Anteil an der Federung zu kennzeichnen. Das Maß des Federspiels kann etwa so eingegrenzt werden, daß eine Einsenkung von 2,0 bis 2,5 mm ungefähr die untere Grenze darstellt, bei der die Stoßdrücke noch unschädlich verarbeitet werden. Über 4 mm hinaus geht andrerseits beim Schotterbette die Fähigkeit zur elastischen Formänderung nicht; man kann annehmen, daß bei dieser Größe der Einsenkung eine rasche Zerrüttung des Schotterbettes einsetzt. Je kleiner die Einsenkung ist, desto größer ist die Annäherung der Federwirkung an rein elastisches Verhalten. Da aber die Federwirkung im Schotterbette nie rein elastisch sein kann, muß die Federung ermüden. Wenn die „planmäßige Gleisunterhaltung" bei der Deutschen Reichsbahn vorsieht, alle vier Jahre das Gleis gründlich im Zusammenhange durchzuarbeiten, so heißt das bezüglich der Bettung bildlich gesprochen nichts anderes, als daß nach dieser Frist die ermüdete Feder neu geglüht und gehärtet wird.

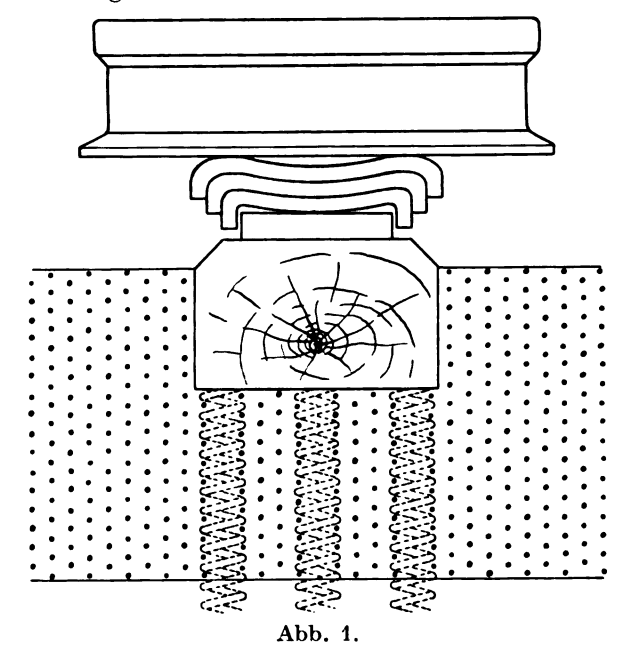


Abb. 1.

Alles in allem ist also die Bettung eine recht unzuverlässige Feder, und deswegen gibt es zahlreiche Vorschläge, die Federung des Gleises zu verbessern. Den ältesten Versuch dieser Art dürfte Livesey 1863 angestellt haben (vergl. Haarmann, das Eisenbahn-Geleise, Geschichtlicher Teil, II., S. 545). Hieran schließt sich dann eine längere Reihe von Vorschlägen und Versuchen, gefederte Gleise dadurch herzustellen, daß zwischen Schiene und Schwelle nachgiebige Zwischenglieder eingeschaltet werden. Solche Lösungen laufen im Grunde auf eine Schonung der Bettung hinaus.

Am folgerichtigsten ist natürlich der Gedanke, auf die Bettung angesichts ihrer Unzulänglichkeit ganz zu verzichten und die elastische Nachgiebigkeit durch stählerne Federn herzustellen, die zwischen der Schiene und einem starren Betonunterbau eingeschaltet werden. Diesen Weg hat Bundesbahndirektor Dr. Wirth entschlossen eingeschlagen. Er ging dabei von der Forderung aus, daß die Schiene über der gefederten Stütze dieselbe Einsenkung aufweisen solle wie eine Querschwelle. Wie zahlreiche Messungen der Schienendurchbiegung unter dem fahrenden Zuge gezeigt haben, ist diese Forderung gleichen statischen Verhaltens von der Probeausführung voll erfüllt worden. Das ist ein erfreulicher Beweis für die Richtigkeit der Oberbauberechnung, wie sie Zimmermann ausgebaut hat. Auch die Erwartung, daß sich das gefederte Gleis dynamisch ebenso verhalten werde wie das

Regelgleis in Bettung, wenn nur beide dieselbe Durchbiegung aufweisen, ist in Erfüllung gegangen. Das wird gleichfalls durch die Formänderungsmessungen bewiesen. Dieses Ergebnis ist deswegen bemerkenswert, weil gegen das Wirthsche Federgleis manchmal geltend gemacht wurde, daß zwischen den Wagenfedern und den Gleisfedern Resonanzerscheinungen auftreten könnten, die sich unangenehm auswirken würden. Solche Befürchtungen haben sich indessen in keiner Weise bestätigt. Gegen die kurzen, lebhaften Schwingungen, wie sie etwa die Schliffstellen unrund gebremster Räder hervorrufen, scheint allerdings die federnd unterstützte Schiene etwas empfindlicher zu sein als die Schiene im Regelgleise. Das dürfte damit zusammenhängen, daß die Wirthsche Gleisfeder keine Dämpfung aufweist. Vielleicht gelingt es, aus Vergleichsmessungen der Schienenbewegungen am Wirthschen Federgleis und am benachbarten Regelgleise einen Zahlenmaßstab für die Dämpfungsfähigkeit des Schotterbettes zu gewinnen.

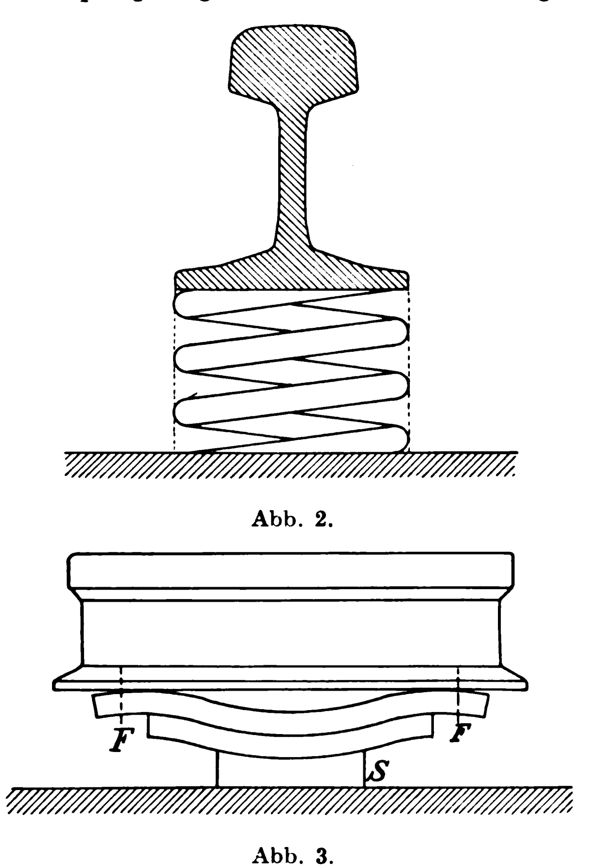


Abb. 2.

Abb. 3.

Das wäre ein zweites, wissenschaftlich wertvolles Ergebnis aus dem Versuche mit dem Wirthschen Federgleise.

Natürlich taucht die Frage auf, ob die Spiralfeder, wie sie Dr. Wirth zur Schienenbefestigung verwendet, die einzig mögliche Lösung darstellt. Insbesondere hat diese Fragestellung ihre Berechtigung, wenn man etwa eine Feder mit Dämpfung (Reibungsdämpfung) zur Wahl stellen wollte. Als solche stellt sich die mehrteilige Blattfeder dar. Bei der Anordnung mit der Spiralfeder (Abb. 2) erfordert die Stützfeder nur wenig Platz, dagegen ist die Festlegung der Schiene gegen Seitenverschiebung, gegen Wandern und Abheben nicht ganz einfach. Ein Gleis mit Blattfedern auf starrem Unterbau ist in Abb. 3 im Gerippe angedeutet. Mehrere Federblätter sind zu einem Ganzen nach Art der üblichen Wagenfedern vereinigt, der Federbund wäre etwa in einem Stützkörper S zu lagern, für den die gegossenen Schienenstühle des englischen Oberbaues Vorbilder bieten. Die Verbindung zwischen der Schiene und der Tragfeder könnte an den mit F gekennzeichneten Stellen durch Schienenschrauben bewerkstelligt werden. Erhält das oberste Blatt der Feder Randleisten, zwischen denen der Schienenfuß sitzt, so wäre die Spurhaltung auf einfachste Weise gesichert. Alle Mittel zur Reglung der Höhen- und der Seitenlage müßten als Beilagen ausgebildet werden. Auf Einzelheiten näher einzugehen erübrigt sich, weil für den Fall des gefederten Gleises auf Betonunterbau bereits die durchgebildete und ausgeprobte Bauart Wirth zur Verfügung steht.

Dahingegen dürfte es lohnend sein, mit Rücksicht auf eine ganz bestimmte Verwendungsmöglichkeit, auf die noch zurückzukommen sein wird, einen Augenblick bei dem Falle zu verweilen, daß auf der im Schotterbette verlegten Schwelle eine Feder zwischen Schiene und Schwelle eingeschaltet wird. Nach der andeutenden Darstellung in Abb. 4 entsteht dann ein doppelt gefedertes Tragwerk, so daß es zur Vermeidung lästiger, die Ermüdung fördernder Resonanzerscheinungen ratsam wird, als Schienenauflage eine Feder mit Eigendämpfung, also eine mehrteilige Blattfeder mit innerer Reibung zu wählen. Ein ähnlicher Oberbau ist schon um 1893 aufgetaucht und wurde an mehreren Stellen erprobt; und zwar ist das der federnde Oberbau von Schuler, beschrieben im „Organ" 1893, S. 184. Über eine Probestrecke in Oldenburg schrieb die

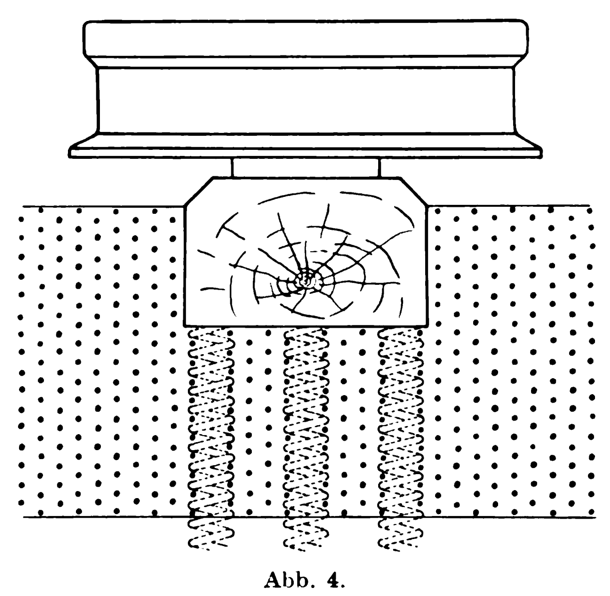


Abb. 4.

vorm. Generaldirektion der oldenburgischen Staatsbahnen, daß sich die Strecke in den ersten Jahren gut befuhr; auch schienen die Unterhaltungskosten etwas geringer zu sein als bei den anschließenden Vergleichsstrecken. Nach drei bis vier Jahren setzten jedoch Ermüdungserscheinungen, ja selbst Brüche an den Federn ein, so daß der Versuch abgebrochen wurde.

Geht man den Gründen nach, die zum Fehlschlagen dieses Versuches geführt haben, so stößt man ausschließlich auf Fehler, die vermeidbar gewesen wären. Schuler hat die Tragfedern, um sie gegen Längsverschiebungen zu sichern, ausgeklinkt; mit den Seitenlappen stützten sich die Federn gegen Rippen der Unterlegplatte. Die Ausklinkungen der Tragfedern wurden nun mit der Schere eingeschnitten. Es ist aber klar, daß sich dabei leicht Haarrisse bilden können, die zu Brüchen führen. Ferner waren die Federn offenbar zu schwach bemessen. Sie waren 180 mm lang, im eingeklinkten Mittelteile 105 mm breit und 10 mm dick. So erlitten sie im Gleise Spannungen bis 7500 kg/cm² und noch darüber. Solchen Beanspruchungen waren die damaligen Stahlsorten nicht gewachsen. Überhaupt deutet ja die vorzeitige Ermüdung von Federn stets auf Fehler in der Bemessung. Richtig gestaltete Federn ermüden wenig und brechen sehr selten; als Beweis seien die Tragfedern der Eisenbahnwagen angeführt.

Es erscheint nicht unvorteilhaft, die Versuche Schulers mit einer verbesserten Bauweise wieder aufzunehmen. Zwei Forderungen würden zu erfüllen sein:

a) Gestaltung der Tragfedern derart, daß sie als mehrteilige, glatte Blattfedern hergestellt werden können, ohne Einklinkungen, Bolzenlöcher oder sonstige Durchbrechungen;

b) Wahl eines besonders hochwertigen Stahls, z. B. Wolframstahl (Streckgrenze rund 120 kg/mm²).

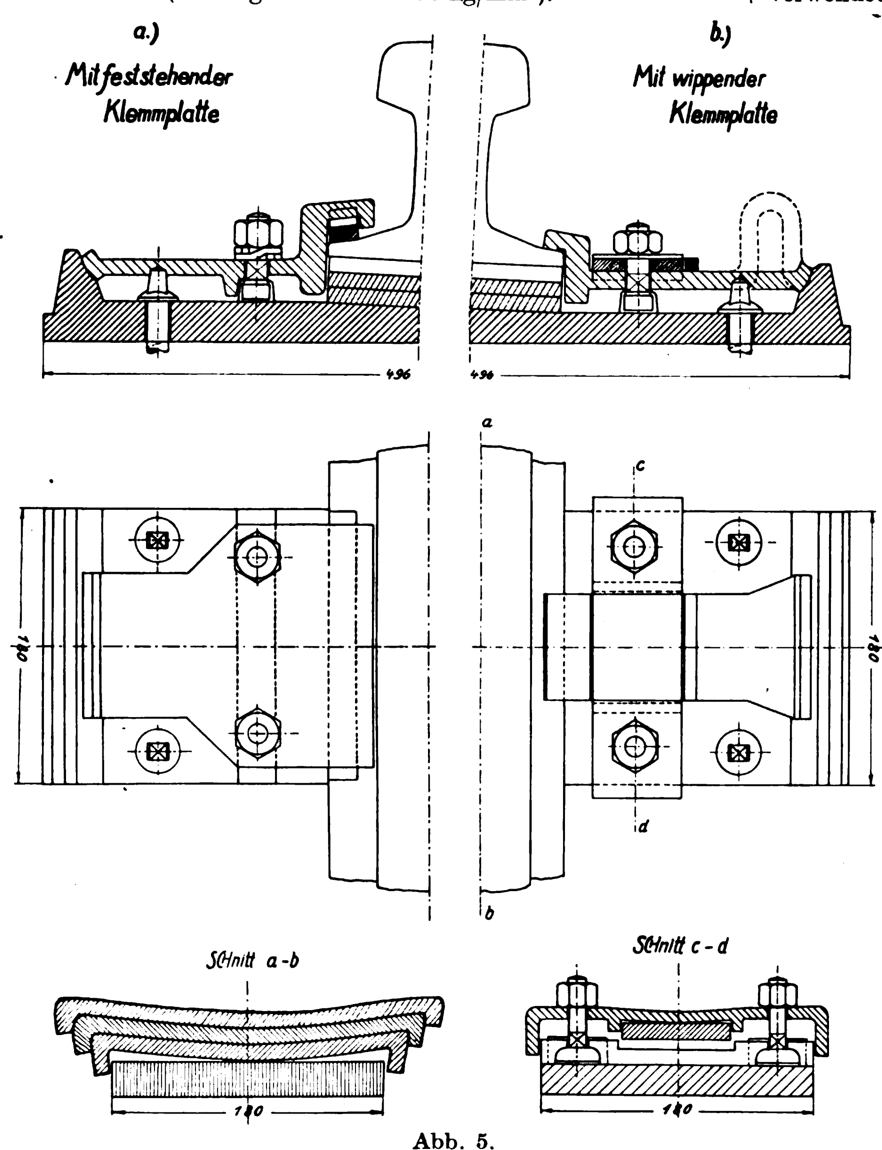


Abb. 5.

In Abb. 5 sind zwei Vorschläge für ein solches Federgleis aufgezeichnet. Beiden ist gemeinsam, daß die Schiene auf einer breiten, gewalzten oder gegossenen Unterlegplatte gelagert ist; die Platte hat im Mittelteile links und rechts vom Schienenfuße eine Rippe nach Art des K-Oberbaues, in denen die beiden Klemmplattenschrauben angreifen. An beiden Rändern der Unterlegplatten befinden sich keilförmige Hochrippen, gegen die sich die Klemmplatten seitlich abstützen. Gestaltet man die Klemmplatten, wie in Abb. 5 rechts angedeutet, bügelförmig, so werden auch die seitlichen Drücke und Stöße federnd verarbeitet.

Die Tragfedern können aus zwei bis drei Blättern gebildet werden, die an den Enden so umgeschmiedet werden, daß die Blätter gegen die Unterlegplatte und gegeneinander festgelegt werden. Seitliche Bewegungen der Tragfedern werden durch die hohen Führungsflächen der Klemmplatten verhindert. Bei dieser zuverlässigen Festlegung der Federblätter erscheint es überflüssig, diese durch einen geschmiedeten Federbund zu einem Ganzen zu vereinigen.

Nun muß man Vorsorge treffen, daß die Schiene noch eine genügende Standfestigkeit hat, wenn die Tragfeder durchgebogen ist. In Abb. 5 sind dafür zwei Möglichkeiten angedeutet. Bei der links gezeichneten steht die Klemmplatte fest; unter den breiten Oberhaken ist eine Blattfeder eingeschoben, die den Schienenfuß festklemmt. Diese Anordnung hat Schuler verwendet. Rechts ist ein Vorschlag gezeichnet, bei dem die Klemmplatte die Bewegungen des Schienenfußes mitmacht, und zwar unter dem Drucke einer darübergelegten Blattfeder. Diese kann wesentlich breiter und kräftiger ausgeführt werden als bei der Schulerschen Anordnung. Da von der Größe des Druckes, dem die Federn auf den Rand des Schienenfußes ausüben, viel abhängt, sind die Klemmplatten sehr lang gestaltet; nach den Entfernungen zwischen der Schraubenmitte und den beiden Druckpunkten wird der größere Teil des Druckes der Schraubenmutter auf den Schienenrand übertragen. Eine Probe beider Ausführungsformen*) ist übrigens bei der Erfurter Maschinen- und Werkzeugfabrik (Erma) im Bau und wird demnächst in ein Brückengleis eingelegt werden.

Was die Verwendungsmöglichkeit anlangt, so werden gefederte Gleise sicher für Brücken bald Bedeutung erlangen, wenn sie zuverlässig durchgebildet sind, was man von der Wirthschen Anordnung schon heute sagen kann. Die Stoßdrücke auf eisernen Brücken haben bekanntlich oft dazu geführt, daß insbesondere die Anschlußstellen an den Fahrbahnlängsträgern und an den Querträgern brachen. Eine starke Verminderung der Stoßdrücke auf eisernen Brücken hat man zwar dadurch erreicht, daß man die Schienenstöße verschweißt. Dennoch bleiben immer noch ergiebige Quellen für Stoßdrücke bestehen, und zwar in den Unregelmäßigkeiten der Gleislage und in den Stößen unrund gebremster Räder. Stößt ein Rad gegen eine plötzliche Ansteigung der Schiene (einen Buckel), so wird ein Stoßdruck entstehen, der mit dem Steigungswinkel und mit der Fahrgeschwindigkeit wächst. Handelt es sich um den Anstieg aus einer Einsenkung, so wird der Stoßdruck um den „Zimmermann-Effekt" des in die Senke gefallenen Rades vermehrt. Am wirksamsten sind wahrscheinlich die nach ihrer Größe noch nicht voll erkannten Stöße unrund gebremster Räder, die nach den Beobachtungen am Wirthschen Federgleis häufiger zu sein scheinen als man annehmen sollte. Demnach ist es leicht möglich, daß beim Brückenbau der Wunsch entsteht, auch diese Quellen von Stoßdrücken noch zu verstopfen.

Eine besondere Bedeutung kann das gefederte Gleis auch für Eisenbahnbrücken aus Eisenbeton erhalten, da der Eisenbeton gegen Stoßdrücke ganz besonders empfindlich ist.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß das gefederte Gleis auch in ganz kurzen Längen (etwa von vier bis zu zwei Stützpunkten herab) eine Anwendungsmöglichkeit finden kann, und zwar für Schienen, die von Signalströmen durchflossen werden. Der Schienenstromschließer für solche Ströme beruht in seiner jetzt allgemein üblichen Form darauf, daß die geringe Schienendurchbiegung zwischen den zwei Aufhängepunkten des Stromschließers dazu benutzt wird, Queck-

*) D. R. G. M. 1092363.

silber aus einem weiten Gefäß durch ein engeres zu größerer Steighöhe emporzutreiben. Diese Anordnung wird umso schwieriger, je kräftiger die Schienen werden und je mehr sich der freie Raum zwischen den Schwellen verengert. Es ist sehr wahrscheinlich, daß man diese Bauart einmal verlassen muß. Das gefederte Gleis dürfte für die Aufgabe des Schienenstromschlusses eine ausgezeichnete Lösungsmöglichkeit bieten. Denn während die wirksame Bewegung zwischen den Klauen des Quecksilberstromschließers rund $^1/_{20}$ mm beträgt, läßt sich die Annäherung zwischen der Schiene und der Schwelle oder der Betongründung leicht auf 1 bis 2 mm bringen. Bei den größeren dieser Ausschläge, wie sie das Wirthsche Federgleis darbietet, ist vielleicht ein gewöhnlicher Berührungs- oder Tauchkontakt möglich. Bei einer Federbewegung von nur 1 mm dürfte eine mechanische Übersetzung 1:20 dazu ausreichen, durch Eintauchen eines Dauermagneten in eine Spule einen Induktionsstrom zu erzeugen, so daß man sich noch dazu von einer besonderen Stromquelle unabhängig machen könnte. Hierzu erscheint die zusätzliche Federung einiger Schwellen als ein billiges und einfaches Mittel. Die Frage der Schienenstromschließer hat schon in den neunziger Jahren bei den Versuchen Schulers eine Rolle gespielt. Seine Bemühungen wurden jedoch durch die Erfindung des Quecksilberkontakts gegenstandslos. Vielleicht ist es aber heute an der Zeit, unter den veränderten Bedingungen wieder an jene halb vergessene Möglichkeiten zu erinnern.

Das Gleis auf Federn und festen Stützen.

Von Dr. techn. **Alfred Wirth,** Bundesbahndirektor in Wien.

Hierzu die Tafeln 29 bis 32.

Inhalt:

I. Der Federnoberbau auf eisernen Brücken.

A. Das Brückengleis.

Die Notwendigkeit einer größeren Elastizität des Gleises auf eisernen Brücken habe ich in meiner ersten Abhandlung auf Seite 201 und 202 des „Organs für die Fortschritte des Eisenbahnwesens" Jahrgang 1927 eingehend dargelegt.

Ich habe auch die Anschauungen namhafter Gleistechniker und Brückentechniker angeführt, die einstimmig dahingehen, daß der heutige Oberbau mit unmittelbarer oder mittelbarer Lagerung der Schienen auf den eisernen Tragwerken seiner unelastischen Lagerung wegen nicht genügt und daß es anstrebenswert wäre, dem Gleis der eisernen Brücken wenigstens jene Elastizität zu geben, die dem Regelgleis in Schotterbettung gleichkommt; mit Rücksicht auf die Stoßwirkungen der Fahrbetriebsmittel beim Brückengleis, die vorzugsweise auf empfindliche Bauteile geringer Maße (z. B. Längs- und Querträger) einwirken, wäre eher noch eine größere Elastizität erwünscht.

Ich glaube annehmen zu dürfen, daß der von mir vorgeschlagene, mittlerweile weiter ausgebildete und auch erprobte Oberbau auf wirklichen Federn jener Oberbau sein dürfte, der den Anforderungen, die man an ein Brückengleis hinsichtlich Schonung der Brücke und Sicherheit des Betriebes stellen kann, am besten entsprechen wird. Die Elastizität eines Gleises der heute üblichen Bauart ist bei Verwendung von Brückenhölzern mit der Elastizität der Brückenhölzer gegeben, vom Brückenholz werden die Lasteinwirkungen unmittelbar auf die Eisenteile der Brücke übertragen. Stellt man nun auf diese Brückenhölzer die die Federn und Schienen tragenden Unterlegplatten darauf, so erhält man zur Elastizität der Brückenhölzer noch jene Elastizität der Federn hinzu, die gewünscht wird, und für welche die Federn berechenbar sind. Jeder Grad an Elastizität kann auf diese Weise erreicht werden: wünscht man eine Einsenkung von 2, 3, 4 oder mehr Millimetern unter den größten Lasten, so ist dieser Wunsch erfüllbar. Legt man bei neuen oder bestehenden Brücken die Schienen unmittelbar auf die Eisenkonstruktion der Brücke, so können die elastischen Federn auch dem Gesamtgrad an gewünschter Federung entsprechen.

Ich mache nun in den Abb. 9 bis 11, Taf. 30 beispielsweise einen Vorschlag für die Anwendung des Oberbaues auf Federn auf einer bestehenden eisernen Brücke und lege dafür — ohne jedoch auf Einzelheiten einzugehen — die Pläne und Anlageverhältnisse der bestehenden, im Jahre 1902 erbauten Donaubrücke zwischen Tulln und Absdorf-Hippersdorf in km 34,1 der zweigleisigen Hauptbahn Wien—Staatsgrenze bei Gmünd zugrunde. Die Hauptträger der fünf Öffnungen zu je 84,6 m Stützweite tragen die in Abständen von 4230 mm angeordneten Querträger, diese tragen wieder unter jedem Gleis zwei Längsträger, auf denen die Brückenhölzer im Ausmaß von 240 × 260 × 2400 im Abstand von 730 mm aufliegen. Die Schiene ruht, wie dies Abb. 3 zeigt, mit den Unterlegplatten auf den Brückenhölzern auf.

Die verwendeten U-förmigen Platten sind, wie Abb. 9 u. 10, Taf. 30 zeigen, dieselben, die ich auf Seite 195 meines ersten Vorschlages beschrieben und dargestellt habe, und die auch in der später beschriebenen Versuchsstrecke angewendet wurden. Die Unterlegplatten werden seitlich von Hölzern (c), die auf den Brückenhölzern aufliegen, gefaßt und festgehalten und mit diesen Hölzern und den Brückenhölzern fest verschraubt. Ein seitliches Ausweichen der U-förmigen Schutzplatten ist dadurch unmöglich, überdies wird damit in der Höhe der Oberkante der Unterlegplatte eine Ebene geschaffen, die ein gutes Auflager für die Sicherheitsschienen (-Winkel) und für die Bedielung (d) ergibt. Die hochgelegene Bedielung ermöglicht ein hindernisloses Begehen der Brücke, überdies würde im Falle der Entgleisung eines Fahrzeuges die Fallhöhe des Rades so gering sein, daß ein derartiges Rad auf der glatten Bedielung dahinrollt, ohne wertvolle Brückenteile zu beschädigen. Die neben der Schiene befindlichen Bedielungsbretter (e) sind abnehmbar gedacht,



um die Federung zugänglich zu machen und die Federn herausnehmen zu können, ohne die Schienen abheben zu müssen. Die Festhaltung der Federn mit Schutzhülse und Stäbchen kann in ganz gleicher Weise wie am Federnoberbau der offenen Strecke erfolgen.

Die Erhaltung der Spur und die Sicherung des Gleises gegen Längs- und Querkräfte ist in ähnlicher Weise wie beim Federnoberbau der offenen Strecke gedacht.

Die Querverbindung der Schiene, der außer der Erhaltung der Spur auch die Sicherung der Schienen gegen das Kanten zukommt, könnte genau die des Federnoberbaues der offenen Strecke sein, im vorliegenden Falle ist es ein einfacher Winkel, der mit Hakenschrauben am Schienenfuß befestigt wird. Die Anordnung der Querverbindungen nach jeder zweiten Stütze halte ich ebenfalls für ausreichend.

Für die Schienenverankerung, der die Aufgabe zukommt, die Schiene ungefähr in Schienenmitte so festzuhalten, daß die Schiene an der betreffenden Stelle wohl die elastischen senkrechten Bewegungen, aber keine Längsbewegungen vollführen kann und die überdies die Schiene gegen seitliche Verschiebungen, gegen das Aufsteigen und gegen das Kanten sichert, habe ich in Abb. 9, Taf. 30 ebenfalls einen Vorschlag gemacht, ohne jedoch auch hier in Einzelheiten einzugehen. Diese Verankerung könnte aus denselben Laschen, Führungsstücken und Führungseisen bestehen, wie die der offenen Strecke, nur sind diese Führungseisen kürzer als die beim gemauerten Unterbau der Versuchsstrecke. Auch hier halte ich die Anordnung von drei Verankerungen bei 20 m langen Schienen und von etwa vier Verankerungen bei 30 m langen Schienen, so wie beim Federnoberbau der offenen Strecke, für vollkommen ausreichend. Gibt man den Laschenbolzen der den Schienenenden näher gelegenen Verankerungen einen kleinen Spielraum dadurch, daß man die betreffenden Schienenlöcher etwas größer bohrt als die Bolzendurchmesser, so ist auch für die kleinen, an der bertreffenden Stelle infolge der Wärmedehnung etwa auftretenden Längsbewegungen der Schienen ausreichend vorgesorgt. Hält man es für zweckmäßiger, zur Beseitigung des Schienenstoßes die Schienenenden zu verschweißen, also auf das freie Spiel der Schienenenden zu verzichten, so können die Schienenverankerungen über den Schienenstrang gleichmäßig verteilt werden. Auch ist es dann nicht unmöglich, die am Schienenfuß angebrachten, zahlreichen kräftigen Winkel der Querverbindung so anzuordnen, daß sie sich gegen die Brückenhölzer oder gegen die Eisenkonstruktion stützen und damit die Schienen an der Brücke gegen Längsverschiebungen sichern.

So wie für die Verankerung der Schienen ist auch eine Lösung für die Vorrichtung gegen das Abheben der Schienen unter sinngemäßer Verwendung der im Versuchsoberbau beschriebenen Vorrichtung möglich; es ist dazu nur notwendig, das dort verwendete Zugeisen mit den Längsträgern der Brücke, allenfalls unter Verwendung einer an den beiden Längsträgern angebrachten Querverbindung in entsprechender Weise fest zu verbinden.

Die Anordnung des Federnoberbaues auf eisernen Brücken in der von mir vorgeschlagenen Weise erfordert die Höherlegung der Nivelette der Schienenoberkante um ein Maß, das ich in Abb. 2 mit h bezeichnet und dort mit etwa 128 mm errechnet habe. Die Höhe h ergibt sich aus der Höhe der Schraubenfeder (im Mittel 112 mm) und aus der Stärke der unter und ober den Federn gelegten Schutzbleche und Schutzkappen, die im vorliegenden Beispiel je 8 mm betragen. Die Stärke der Unterlegplatte kommt für die Hebung der Schiene nicht in Betracht, weil auch beim gewöhnlichen Oberbau die Schiene mit Unterlegplatten auf den Brückenhölzern ruht. Ist man imstande, Federn mit geringerer Konstruktionshöhe zu beschaffen, so kann die Höhe h verringert werden, sonst muß man mit einer Hebung von ungefähr 128 mm wohl rechnen, es sei denn, daß man die Unterlegplatten in die Brückenhölzer versenkt oder schwächere Brückenhölzer anordnet, was mit Rücksicht auf die stoßmildernde Wirkung der elastischen Federn gewiß auch vertretbar wäre. Kommen auf die Brücke Schienenauszugvorrichtungen zu liegen, so wird man — wie dies im folgenden gezeigt wird — von einer Verringerung der Konstruktionshöhe der Schwellenhölzer jedenfalls absehen. Die Hebung der Nivelette um „h" bedingt beiderseits der Brücke je eine Rampe, die bei wagrechten Zufahrtslinien gegen die Brücke ansteigt. Nimmt man für die Rampe eine Neigung von $2{,}5^0/_{00}$ an, also ein Maß, das unter der schädlichen Steigung liegt, so wird die Rampe etwa 50 m lang.

Bei Brückenneubauten oder -umbauten ist man in der Anordnung der einzelnen Teile des Federnoberbaues noch unabhängiger. Muß an Konstruktionshöhe gespart werden, so wird man auf Brückenhölzer überhaupt verzichten und die Unterlegplatte oder den Schienenstuhl unmittelbar mit der Eisenkonstruktion der Brücke verbinden. Bei Brückenneubauten wird sich auch der in den Abschnitten „Schienenauszugvorrichtung" und „Weichen" dargelegte Gedanke der Führung und Lagerung der Schiene unter Verwendung besonderer Führungsrippen gut verwerten lassen. An die Stelle der Unterzugplatte oder Grundplatte treten Querplatten, die, als kräftige Eisenquerschwellen ausgebildet, gleichzeitig die Sicherheitswinkel und die Bedielung tragen.

Bei kleineren und mittleren Brücken dürften auch die Verankerungen entfallen können, die Querverbindungen, die sich an den Querverband der Brückenkonstruktion anlehnen, übernehmen dann neben der Sicherung gegen das Kanten und neben der Spurhaltung auch die Sicherung gegen unerwünschte Längsverschiebungen des Gleises. Immer wird man aber darauf achten müssen, daß das freie Spiel der Federn, das ich später im Abschnitt „Das System des Federnoberbaues" besonders gekennzeichnet habe, auch wirklich gewahrt bleibt.

B. Ein Vorschlag für die Schienenauszugvorrichtung.

Die österreichischen Vorschriften betreffend die Sicherheitsvorkehrungen bei Eisenbahnbrücken bestimmen, daß „den Einflüssen der Wärmeschwankungen auf eiserne Tragwerke an den Auflagern in geeigneter Weise Rechnung zu tragen ist; überdies müssen bei eisernen Balkenträgern von 60 m Stützweite und darüber diese Einflüsse gegenüber dem durchlaufenden Oberbau durch entsprechende Vorkehrungen unschädlich gemacht werden".

Um diese Einflüsse gegenüber dem Oberbau unschädlich zu machen, verwendet man die Schienenauszugvorrichtungen, denen die Aufgabe zukommt, die große Stoßlücke, die zwischen dem auf der Brücke befestigten Oberbau und dem anschließenden Oberbau entsteht, zu überbrücken und das Rad gefahrlos und möglichst frei von Erschütterungen über die Stoßlücke hinwegzuführen. Diese Auszugvorrichtungen sind entweder Vorrichtungen mit Auflauflaschen, die an der Stelle der Lücke die Führung des Rades dadurch übernehmen, daß das Rad auf der Lasche aufläuft, oder es sind Vorrichtungen mit Zungenschienen, bei denen das am beweglichen Brückenteil liegende Ende der Fahrschiene als Zungenschiene ausgebildet ist und allmählich die Führung des Rades an das entsprechend geformte Ende der anschließenden Schiene übergibt.

Wie immer nun die Auszugvorrichtung beschaffen sein möge, jedenfalls ist sie eine Konstruktion, bestehend aus Fahrschienen, Zwangschienen, Laschen oder Zungenschienen, die auf einer über mehrere Brückenhölzer (Schwellen) reichenden Unterzugplatte (Grundplatte) liegen und darauf mit

Klemmplättchen und Schrauben verbunden sind. Stattet man nun diese Unterzugplatte derart aus, daß sie unterhalb, und zwar genau unter der Fahrschiene eine etwa 50 mm hohe und der Weite des Stützkörpers angepaßte Längsrippe (Führungsrippe) erhält, so kann die Unterzugplatte mit ihrer Längsrippe die Führung der Schiene in den Stützkörpern des Federnoberbaues übernehmen, die sonst dem Schienenfuß selbst zukommt.

In Textabb. 1 habe ich beispielsweise einen Vorschlag an einer bestehenden Schienenauszugvorrichtung mit Schienenform A einer Donaubrücke der ehemaligen österreichischen Nordwestbahn in Wien, im Querschnitt dargestellt. Die U-förmigen Unterlegplatten haben wieder die Form der Platten des übrigen Federnoberbaues, nur sind die beiden oberen wagrechten Flächen etwas länger, um die Köpfe der Schrauben, welche die U-Platten mit den Brückenhölzern verbinden, außerhalb der Unterzugplatte anbringen zu können. Die Höhe der U-förmigen Platte ist um 10 mm niedriger vorgeschlagen, weil das Eingreifen der Führungsrippe mit 30 mm anstatt wie beim Schienenfuß mit 40 mm genügen dürfte; der Abstand zwischen Unterzugplatte und Unterlegplatte ist mit 15 mm angenommen,

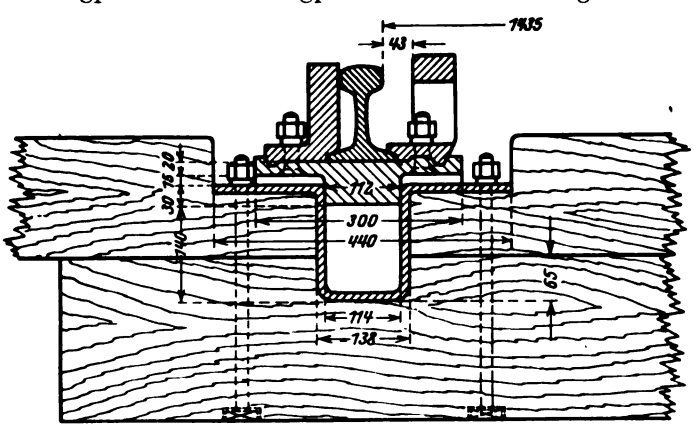


Abb. 1.
Vorschlag für eine Schienenauszugvorrichtung auf Federn.

um zuverlässig selbst die größten Federsenkungen ungehemmt vor sich gehen zu lassen. Aus dem Maß des Eingreifens der Führungsrippe in die Unterlegplatte und dem Abstand zwischen Unterzugplatte und Unterlegplatte ergibt sich die Höhe der Führungsrippe.

Die Querverbindung der beiden einander gegenüberliegenden Unterzugplatten (Grundplatten) kann mit kräftigen Winkeln, die an der Unterzugplatte befestigt werden, derart erfolgen, daß eine Schiefstellung der Grundplatten bei exzentrischem Lastangriff (Rad auf der Auflauflasche) vermieden wird; ordnet man die Querverbindungen so an, daß sie sich gegen die Brückenhölzer abstützen, so erreicht man auch die nötige Festhaltung der Unterzugplatten gegen Längsverschiebungen. Die Schraubenfedern und die Federnsicherung sind dieselben wie die des übrigen Oberbaues.

Bei einer derartigen Schienenauszugvorrichtung mit Führungsrippe, ist es ein unvermeidliches Erfordernis, die Unterlegplatte um ein Maß tiefer zu legen, das sich aus der Stärke der Unterzugplatte und der Höhe der Führungsrippe ergibt, da die Schienenoberkante in der gleichen Höhe verbleiben muß. Ist beim Oberbau ohne Schienenauszugvorrichtung die Unterlegplatte auf den Brückenhölzern aufgesetzt worden ohne die Brückenhölzer zu schwächen, so ist bei der Schienenauszugvorrichtung eine Schwächung der Brückenhölzer nicht zu vermeiden. Die Tiefersetzung der Unterlegplatte beträgt im Beispiele Textabb. 1 65 mm. Ich glaube aber, daß man die Schwächung der Brückenhölzer, die dafür auch eine Verbreiterung erfahren könnten, unbedenklich auf sich nehmen kann. Einmal sind die Brückenhölzer, deren Ausmaß für den gewöhnlichen Oberbau ohne elastischer Lagerung der Schienen genügt, für den Oberbau auf Federn gewiß überstark, weiters ist die Lasteinwirkung auf die Brücke gerade unter der sonst für die Brücke so gefährlichen Schienenauszugvorrichtung bei der hier vorgeschlagenen Konstruktionsweise besonders günstig. Die Unterzugplatte mit der Rippe ist so steif und wird durch die daran festgehaltenen Auflauflaschen, Zwangschienen bzw. Spitzschienen noch derart versteift, daß die auf die Schienen einwirkenden Radlasten vermöge der elastischen Lagerung der Unterzugplatten nicht mehr als Einzellasten, sondern nahezu als gleichmäßig verteilte Lasten auf die Eisenkonstruktion der Brücke einwirken. Überdies sind die Brückenhölzer unter der Schienenauszugvorrichtung einander nähergerückt; so ruht bei der vorgenannten Nordwestbahnbrücke die 1800 mm lange Unterzugplatte auf 4 im Abstand von 500 mm gelegenen Schwellenhölzern auf.

C. Der Schienenstoß auf Brücken.

Um auf einer eisernen oder Betoneisenbrücke die schädliche Einwirkung des Schienenstoßes im Bedarfsfalle ganz oder doch nahezu ganz zu beseitigen, ohne daß man zur Verschweißung der Schienen greifen müßte, so könnte die vorstehende für die Schienenauszugvorrichtungen dargelegte Bauweise mit Unterzugplatte und Führungsrippe auch für den Schienenstoß auf Brücken angewendet werden. Der unelastische Schienenstoß auf der Brücke ist die größte Sorge der Fachmänner und zwar der Gleistechniker wie der Brückenkonstrukteure. Ist nun die von mir im Abschnitte „Versuchsstrecke der Österreichischen Bundesbahnen" erwähnte Schienenstoßanordnung mit Stoßlaschen und enger Stützenanordnung schon an sich geeignet, die stoßartige Einwirkung der Radlasten auf die Unterlage zu mildern, so würde durch die Lagerung der Schienenenden auf einer über zwei oder mehr Stützen reichenden Unterzugplatte mit Führungsrippe die Stoßanordnung für Brücken sicher noch wesentlich verbessert werden. Derartige an sich gewiß kostspielige Oberbaukonstruktionen dürften sich m. E. auf eisernen Brücken in Anbetracht der großen Kosten der Neuanschaffung und der Erhaltung der Brücke gewiß empfehlen, weil sie die Brücke schonen.

D. Das technische Problem auf eisernen Brücken.

Das technische Problem des Federnoberbaues überhaupt habe ich im Schlußwort meiner Abhandlung im Heft 11 des „Organs" 1927 wie folgt zusammengefaßt: „Wie verhält sich die auf den vollkommen elastischen Federn ruhende Schiene im Betriebe, werden störende Schwingungen auftreten, und wie verhält sich die Stützenmauer zu der auf sie einwirkenden Kraft?" Ich fügte dann noch hinzu, daß die Beantwortung dieser Fragen nur durch die Erfahrung, nur durch ausgedehnte Versuche erfolgen kann, daß aber für eiserne Brücken, bei denen an Stelle der Stützenmauer die bekannten Konstruktionsteile der Brücke treten, der zweite Teil der vorgestellten Frage wegfalle, so daß bei den eisernen Brücken die Entscheidung rascher fallen könne.

Die Vornahme eines kleinen Vorversuches im Winter 1927/28 im Bahnhof Heiligenstadt in Wien und die Ausführung einer größeren Versuchsstrecke in einem Hauptgleise der Schnellzugslinie Wien—Gmünd bei Absdorf-Hippersdorf im Herbst 1928 hat die Klärung der offenen Fragen bereits insofern gebracht, als bei der Lagerung der Schienen auf Schraubenfedern kein Aufschnellen der Schienen über die Ruhelage hinaus beobachtet wurde und die Biegelinie der Schienen vor und hinter den Lasten ganz ähnlich verläuft wie beim Querschwellen.

oberbau. Genaue Angaben hierüber sind in den folgenden Abschnitten gegeben. Halte ich, wie ich dies später dartun werde, das technische Problem für den Federnoberbau auf offener Strecke für grundsätzlich gelöst und sehe ich dort nur in wirtschaftlicher Hinsicht noch zu lösende wichtige Fragen, so muß ich doch beim Federnoberbau auf Brücken in technischer Hinsicht noch auf eine weitere wichtige Frage eingehen, die von brückenbautechnischer Seite mir gegenüber auch bereits aufgeworfen worden ist: Können bei einem Oberbau auf vollkommen elastischen Federn beim Befahren der Brücke regelmäßig wiederkehrende störende Schwingungen (Oszillationen) auftreten? Ich glaube diese Frage verneinen zu dürfen, allerdings ohne hierfür einen tatsächlichen Nachweis erbringen zu können, da ein Versuch auf einer Brücke noch nicht ausgeführt worden ist. Die Senkungslinie der durch die Einzellasten niedergedrückten Schiene ist bei der Lagerung auf Federn infolge der gleichmäßig nachgiebigen Unterlage gleichmäßiger als beim Oberbau auf Querschwellen im Schotterbett. Die Stellung der Last, ob unmittelbar auf einer Stütze oder zwischen zwei Stützen ist weniger ausschlaggebend als beim Oberbau ohne Federn, die Lastwirkung kann als gleichmäßiger verteilt angesehen werden. Dies geht zweifellos aus den später besprochenen Versuchsergebnissen hervor. Ist nun diese Druckverteilung beim Federnoberbau schon gleichmäßiger als beim Querschwellenoberbau im Schotterbett, so ist sie noch viel gleichmäßiger gegenüber dem heutigen Oberbau auf Brücken, dem selbst die ausgleichende Wirkung der Schotterbettung fehlt. Die Stoßwirkungen der einzelnen Betriebslasten auf die Stützen sind also beim Federnoberbau weniger stark fühlbar als beim Oberbau mit fester Lagerung der Schiene. Demgemäß muß aber auch die gefährliche Einwirkung unrunder Räder und die Stoßwirkung der Räder beim Befahren der Schienenstöße — sowohl durch die gute elastische Verarbeitung durch die Federn wie auch durch die bessere Verteilung auf mehrere Stützen — geringer sein. Wenn nun die von außen einwirkenden Kräfte gemildert werden und nichts dafür spricht, daß andere störende Kräfte neu hinzukommen, so ist wohl nicht anzunehmen, daß beim Befahren einer Brücke, die mit dem Federnoberbau ausgestattet ist, regelmäßig wiederkehrende Schwingungen eintreten können. Jedenfalls wäre es aber sehr wünschenswert, die Anschauungen maßgebender Brückenbautechniker über diese Frage kennen zu lernen.

E. Die Wirtschaftlichkeit auf Brücken.

Über die Wirtschaftlichkeit des Federnoberbaues auf eisernen Brücken habe ich meine Anschauung bereits angedeutet; sie geht dahin, daß die Kosten eines Oberbaues der von mir vorgeschlagenen Bauart im Vergleich zu den großen Kosten der Neuanschaffung und der Erhaltung einer eisernen Brücke nicht sehr in Betracht kommen, denkt man doch sogar daran, zur Milderung der Stoßwirkungen die Brückenbahn mit durchgehender Schotterung auszugestalten, die aber infolge ihres großen Gewichtes sämtliche Baukonstruktionsteile der Brücke verteuert. Die Kosten des Federnoberbaues auf Brücken sind nicht höher als die der offenen Strecke. Für diese habe ich in meiner ersten Abhandlung einen Betrag von ungefähr S 182,— für den lfd. Meter errechnet, den ich auf Grund der inzwischen gemachten Erfahrungen auf S 200,— für den lfd. Meter erhöhen möchte. Selbstverständlich sind hierin nicht die Kosten für kurze Versuchsstrecken, sondern für größere Strecken gemeint. Im vorerwähnten Beispiele (Abb. 9 bis 11, Taf. 30) treten an die Stelle der Stützenmauern des Oberbaues der offenen Strecke die Brückenhölzer und die von mir vorgeschlagenen Querhölzer samt Bedielung. Rechnet man die Brückenhölzer neu, obwohl sie in ihren Ausmaßen ungeändert bleiben können, setzt man aber zur Sicherheit den Rückgewinn in Gegenrechnung, so wird die Auswechslung des Brückenoberbaues mit neuen schweren Schienen von 49 kg/m auf Doppelfedern einschließlich etwa notwendiger Schienenauszugvorrichtungen den Betrag von S 200,— für den lfd. Meter nicht übersteigen.

Welche Ersparnisse man erzielen könnte, wenn man durch das Ausstatten einer großen eisernen Brücke mit dem Federnoberbau eine Verlängerung des Bestandes der Brücke erreichen würde, sei durch folgendes Beispiel erhellt:

Ich nehme wieder eine zweigleisige Donaubrücke bei Wien mit fünf Öffnungen von zusammen 440 m Länge an.

Kosten des neuen Oberbaues:

$$440 \times 2 \times 200 = 176000 \text{ S, rund } 180000 \text{ S.}$$

Die angenähert geschätzten Kosten der neuen Eisenkonstruktion einschließlich der Abtragung der alten Brücke und Aufstellung der neuen betragen:

unter Zugrundelegung der Belastungsnorm I der Österreichischen Staatsbahnen (Achsdruck 16 t) ungefähr 4320 t . . . . . S 8000000

unter Zugrundelegung des N-Zuges der Vorschriften der Deutschen Reichsbahn (Achsdruck 25 t) ungefähr 5640 t . . . . S 10000000

Legen wir einen Neubau mit 8000000 S zugrunde und nehmen wir an, daß dieses Kapital mit nur 8% zu verzinsen und zu amortisieren sei, so erfordert der Neubau einer derartigen Brücke, ohne die Kosten der Umgestaltung der Widerlager mindestens 640000 S an Zinsendienst. Ist nun der Federnoberbau auf einer derartigen Brücke imstande, die Lebensdauer der Brücke nur um ein Jahr zu verlängern, so ist durch das Hinausschieben des Neubaues nur um ein Jahr die Summe von 640000 — 180000 = 460000 S erspart.

Ich bin mir bewußt, daß das vorliegende Beispiel nicht in allen Punkten zutrifft, es gibt aber jedenfalls ein Bild von den großen Kosten, die bei eisernen Brücken in Betracht kommen können. Überdies wird diese Ersparnis noch durch den jährlichen Minderaufwand an Erhaltungskosten erhöht.

II. Ein Vorschlag für die Weichen.

Der bei den Schienenauszugvorrichtungen in Schrift und Abbildung dargestellte Gedanke deutet auch eine Lösung für die Konstruktion der Weichen auf Federn und festen Stützen an. Die Zungenvorrichtungen der heute üblichen Weichen sind durchwegs auf besonderen Platten befestigt. Dieselbe Platte, die oben die Fahrschiene und die Zunge samt Beilagen trägt, kann unten mit einer Längsrippe versehen werden, die der Weite des Stützkörpers angepaßt ist, eine Höhe von ungefähr 50 mm besitzt und die dann die Führung der Schiene übernimmt. Die Längsrippe kann an die Platte mit versenkten Nieten angenietet, andernfalls auch angeschweißt werden, falls man nicht vorzieht, die Platte mit der Rippe aus einem Stück herzustellen. Die Querverbindung der beiden einander gegenüberliegenden Zungenplatten mit entsprechend steifen Winkeln kann auch die Sicherung der nunmehr auf den Federn schwingenden Zungenplatten gegen Längsverschiebungen übernehmen. Die Unterlegplatten des Federnoberbaues der offenen Strecke könnten ungeändert verwendet werden, allenfalls wären die oberen Flächen zu verbreitern, um die Befestigungsschrauben außerhalb der Zungenplatten zu bringen. Die Federn und Federschutzhülsen bleiben ebenfalls ungeändert. Die Konstruktion mit der Führungsrippe bedingt, so wie bei der dargestellten Schienenauszugvorrichtung, an der Stelle der führenden Platte eine Senkung der Federlager, also eine Senkung der Unterlegplatte des Federnoberbaues. Die Durchführung der Senkung um die erwähnten 65 oder auch 75 mm ist bei den Weichen ohne weiters möglich. Für das Herzstück der Weiche ist die Lösung ganz ähnlich, in Textabb. 2 ist ein Querschnitt durch

eine Herzstückspitze beispielsweise dargestellt. Die einzelnen Teile des Herzstückes samt den Befestigungsmitteln sind unverändert der sonst üblichen Konstruktion entnommen.

Jedenfalls würde eine elastische Lagerung der Zungen- und Herzstückvorrichtungen eine Schonung der heute sehr rasch abgenützten Weichenbestandteile der Hauptstrecken bedeuten, so daß die höheren Herstellungskosten durch die längere Bestanddauer und die verminderten Erhaltungskosten wohl zum großen Teil hereingebracht werden würden. Das Befahren von Weichen der Hauptgleise mit Geschwindigkeiten von nur 80 km/Std. verursacht bereits starke Erschütterungen, die auf die Fahrbetriebsmittel sehr ungünstig einwirken und auch von den Reisenden unangenehm empfunden werden: es würde eine elastische Lagerung der Weiche der Hauptgleise gewiß ein ruhigeres Fahren durch die Bahnhöfe gewährleisten.

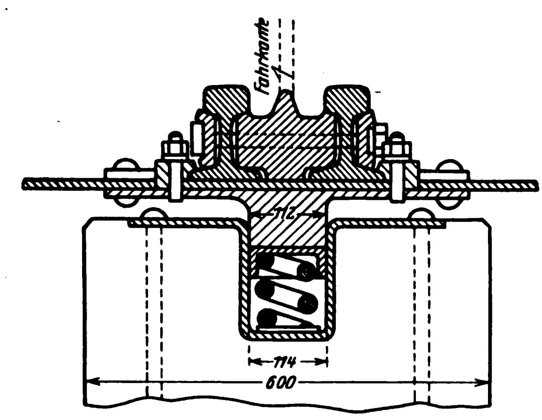


Abb. 2. Vorschlag für eine Herzstückspitze auf Federn.

III. Die Versuchsstrecke der Österreichischen Bundesbahnen.

A. Die Herstellung der Pläne.

a) Das System des Federnoberbaues.

Das Wesen des neuen Oberbaues habe ich bereits in meinem ersten Vorschlag (Organ, Heft 10, 1927) wie folgt dargelegt: „Zwischen Schienen und Schienenunterlagen (Stützen) wirkliche Federn zu legen, also das Gleis auf Federn zu lagern, die Schienenstützen selbst aber, ohne Verwendung einer Schotterbettung fest und unverrückbar herzustellen, und sie derart zur Aufnahme der Schienen auszugestalten, daß das Gleis nur in lotrechter Richtung elastisch nachgeben kann, Querkräften gegenüber aber vollständig unnachgiebig ist und in der Längsrichtung nur die durch die Wärmespannung hervorgerufenen Längenänderungen zuläßt.“

Demgemäß haben die Schraubenfedern die Schiene elastisch zu tragen. Dieses elastische Tragen muß unbegrenzt sein, es hängt nur von den einwirkenden Kräften und der gewählten Elastizität der Federn ab und soll durch nichts gehemmt werden. Die an den Schienenstützen starr befestigten Unterlegplatten haben die Federn zu tragen und mit ihren Seitenwänden die Schienen zu führen, dabei sind die Seitenwände so gebildet, daß das Wasser aus den Federn abfließen kann und daß die Federn herausgenommen werden können, ohne daß man die Schienen abnehmen muß. An den Unterlegplatten selbst sind keinerlei Vorrichtungen angebracht, die etwa am Schienenfuß oder Schienensteg angreifend, Längsverschiebungen der Schienen oder deren Kanten verhindern sollen, weil solche Vorrichtungen, sollten sie wirksam sein, die vertikale elastische Bewegung der Schienen hindern würden. Die Schienenverankerung ist daher losgelöst von den Schienenstützen zwischen diesen angeordnet, ihr kommt die Aufgabe zu, die Schienen gegen Längsverschiebungen zu sichern, ohne die vertikalen Bewegungen der Schienen zu behindern. Dadurch, daß sie in der Mitte oder nahe der Mitte angeordnet sind, können sich die Längenänderungen der Schienen, die aus den Wärmeänderungen entstehen, nach den beiden freien Schienenenden hin auswirken. Entschließt man sich zu einer Verschweißung der Schienenstöße, so können die Verankerungen gleichmäßig über die Schienen verteilt werden, immer spreche ich mich aber dafür aus, zur Verhinderung der Längsverschiebungen gesonderte Vorrichtungen außerhalb der Schienenstützen anzubringen, um diese von allen Aufgaben zu befreien, die eine Behinderung des vertikalen Spieles der Federn herbeiführen könnten. Die Schienenverankerungen der Versuchsstrecke bei Absdorf sind auch zur Verhinderung des Kantens der Schienen, zur Aufnahme von Seitenkräften und zur Verhinderung des Abhebens der Schienen ausgestattet, überdies stellen sie einen kräftigen Verband der beiden einander gegenüberliegenden Stützenmauern dar. Die Erhaltung der Spurweite und die Verhinderung des Kantens ist im wesentlichen den Querverbindungen zugedacht, die zwischen den Stützen in jedem zweiten Feld angeordnet sind.

Die Verhinderung des Abhebens (Aufsteigens) der Schienen erfolgt durch eigene Vorrichtungen, die beim Versuchsgleis zwischen den Schienenstützen angeordnet, die 20 m lange Schiene an vier Punkten gegen das Aufsteigen sichern. Die Vorrichtungen sind so eingestellt, daß die kleinen Erhebungen der Schiene, die sich ähnlich wie beim Querschwellenoberbau aus der Biegelinie der belasteten Schiene ergeben, zugelassen werden können. Die Verhinderung des Aufsteigens der Schienen könnte aber auch durch eine an den Stützen selbst angeordnete Hemmvorrichtung erfolgen, weil sie nicht die elastische Senkung der Schiene, sondern nur deren Aufsteigen über die Ruhelage zu verhindern hat.

Versucht man die angreifenden Kräfte zu erfassen und die einzelnen Teile des neuen Oberbaues dahin zu untersuchen, welche von ihnen diesen Kräften entgegenzutreten haben, so ergibt sich, daß die vertikalen Kräfte von der Schiene übernommen, von den Federn elastisch auf die Stützkörper und von diesen auf den Untergrund übertragen werden. Den großen Seitenkräften wirken die Seitenwände der Stützkörper, die Verankerungen und die Querverbindungen entgegen; all diesen genannten drei Teilen obliegt auch die Erhaltung der Spurweite. Das Kanten der Schienen verhindern die Querverbindungen und die Verankerungen. Das Verschieben des Gleises in der Längsrichtung haben die Verankerungen zu verhindern.

Als System betrachtet, kann man den neuen Oberbau auch als liegenden eisernen Rahmen (der Form nach auch als liegende eiserne Leiter), gebildet aus den beiden Schienen als Längsholme und den Querverbindungen als Sprossen auffassen, wobei die Sprossen die Schienen im Abstand der Spur halten und am Kanten verhindern. Der Rahmen ruht mit den Holmen auf elastischen Federn, die von festen Stützen getragen werden, die mit ihren Seitenwänden den Rahmen führen. Damit sich der Rahmen bei der Einwirkung großer Längskräfte in der Längsrichtung nicht verschieben kann, ist er an einzelnen Punkten festgehalten, ohne daß jedoch dadurch die vertikalen Bewegungen des Rahmens gestört werden. Damit der Rahmen nicht abgehoben werden kann, sind noch Vorrichtungen vorhanden, die ein Abheben (Aufsteigen) verhindern.

Diese Ausbildung des Schienenstranges als Rahmen, der von starren Seitenwänden geführt wird, ist nicht das Grundsätzliche meines Vorschlages. Das Grundsätzliche ist im Eingange dieses Abschnittes angeführt, der Rahmen ist aber eine Form der Ausbildung, die ich als zweckmäßig und anstrebenswert bezeichnen will. Die Bildung des Rahmens erfordert die Verbindung der beiden einander gegenüber-

liegenden Schienen durch Querverbindungen, die die Schienen im Abstand der Spur halten und am Kanten verhindern. Es kann nun Anlagen geben, bei denen die Anbringung von Querverbindungen untunlich ist. So wird sich z. B. auf Untersuchungsgruben in Hauptgleisen, für die man gegenwärtig noch keine geeignete Befestigung der Schienen auf den Mauern der Gruben gefunden hat, der Oberbau auf Federn gewiß gut eignen, doch wird man dort die Querverbindungen als störend vermeiden wollen und die Spurhaltung sowie die Verhinderung des Kantens durch die Führung der Schienen an den Seitenwänden, in Verbindung mit anderen geeigneten Mitteln (z. B. den von mir erwähnten Verankerungen) zu erreichen trachten. Auch auf kleinen Brücken, wenn die Seitenflächen der Brückenträger über den Schienenfuß hinausreichen und auch keine Verbindung der beiden Schienen durch Spurstangen, die etwa in der Mitte des Schienensteges angreifen, möglich ist, wird man auf die Bildung eines gesonderten Gleisrahmens verzichten müssen. Wo immer möglich, soll man aber meines Erachtens die Bildung des Gleisrahmens anstreben, weil dadurch die Erhaltung der Spur und die Verhinderung des Kantens der Schienen in einfachster und verläßlichster Weise gewährleistet wird und zwar auch dann, wenn sich im Laufe des Betriebes zwischen Schienenfuß und Seitenwänden (durch Abnützung dieser Teile) größere Zwischenräume bilden sollten.

b) Die Ausführungspläne (hierzu die Taf. 29 und 30).

Bei der Herstellung der Ausführungspläne habe ich mich vom Grundsatze leiten lassen, unbedingte Betriebssicherheit mit möglichster Einfachheit zu verbinden. Dabei bin ich in Einzelheiten von meinen ersten Vorschlägen im „Organ“ 1927 überall dort abgewichen, wo ich es für notwendig hielt, womit ich aber nur im Sinne des bereits damals ausgesprochenen Satzes gehandelt habe, „daß die Abbildungen hauptsächlich dazu dienen, eine Möglichkeit der Ausführung zu versinnbildlichen. Ich bin mir hierbei vollkommen bewußt, daß es auch andere geeignete Lösungen geben wird. Es kommt nur auf das Grundsätzliche an und darauf, zu beweisen, daß eine Lösung in der gegebenen Art möglich ist“.

Ich habe die Schienenstütze (Stützenmauer) angenähert gleich gehalten, die Unterlegplatte ist dieselbe geblieben wie im ersten Vorschlag, ebenso die Verwendung der Doppelfeder. Dagegen ist die Federnsicherung vollständiger geworden, die Schienenverankerung kräftiger, die Querverbindung besteht nunmehr aus einfachen Winkeln, die an den Schienenfuß angeschraubt werden, ohne die Schiene lochen zu müssen, auch ist die Vorrichtung gegen das Abheben der Schienen einfacher und zweckmäßiger geworden. Ich bin mir aber auch jetzt bewußt, daß auch die bei den ersten Versuchsstrecken zur Anwendung gelangten Einzelausführungen künftig noch Änderungen erfahren dürften.

Die Ausführungspläne für die Versuchsstrecke im Hauptgleis I bei Absdorf-Hippersdorf sind in den Taf. 29 und 30 dargestellt. Dem Vorversuch in Heiligenstadt lagen andere Pläne zugrunde; kleine Abänderungen, die bei dem zweiten Versuche eintraten, sind bei jeder Einzelheit erwähnt.

Zu den Plänen wäre folgendes anzuführen:

Die Schiene und der Schienenstoß
(Taf. 29, Abb. 12, 13, 14, 17).

Die Schienen sind die Schienenform A der Österreichischen Bundesbahnen, 44,35 kg/m schwer und 20,0 m lang. Trägheitsmoment 1442 cm^4, Widerstandsmoment 205 cm^3. Die Österreichischen Bundesbahnen gehen für gewisse Hauptstrecken ab 1929 auf die Schienenform B über, die der Schiene S 49 der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft gleich ist und ein Metergewicht von 48,89 kg aufweist. Zur Zeit der Ausführung der Versuchsstrecke stand die neue, schwere Schiene noch nicht zur Verfügung, es ist im übrigen geplant, die Linie in der die Versuchsstrecke liegt, auch weiterhin nur mit der A-Schiene auszustatten. Die Schienen sind am Federnoberbau lotrecht gestellt, am anschließenden Querschwellenoberbau haben sie die Neigung 1:20. Die Schienenstoßlaschen sind die Laschen des Querschwellenoberbaues A auch hinsichtlich der Länge und der Lochung, nur sind die Winkelschenkel gekürzt. Die beiden Schienenenden ruhen auf zwei, auf 40 cm Achsabstand herangerückte Stützen auf, so daß die Stoßverbindung auf vier nahe aneinanderliegenden Federn aufliegt und dadurch sehr widerstandsfähig wird. Tatsächlich zeigen die Versuche eine geringere Durchbiegung der Schienenenden im Vergleich zu einer beliebigen anderen Stelle der Schiene.

Die Schraubenfedern (Taf. 29, Abb. 1 und 15).

Die Schraubenfedern sind als Doppelfedern verwendet, mit einer Federung der Einzelfeder von ungefähr 1,0 mm 1000 kg. Die Federn werden bei der Darstellung der Versuchsergebnisse eingehend besprochen.

Die Unterlegplatten samt Federsicherung.
(Tafel 29, Abb. 1 bis 6).

Die Befestigung der Unterlegplatten an den Unterlagsquadern (Schienenstützen) erfolgte im Vorversuch mittels vier Steinschrauben; beim Hauptversuch glaubte ich auf die Verwendung von Schrauben verzichten zu können und 20 mm starke, glatte und gerade Haftbolzen anordnen zu dürfen (Tafel 29, Abb. 5). Je weniger Schrauben ein Oberbau hat, desto besser. Genügen die Haftbolzen, so wird man sie der Billigkeit und der einfachen Erhaltung wegen wohl beibehalten, lockern sich aber die Haftbolzen im Betriebe, so wird man wohl wieder zu Schrauben greifen müssen. Vielleicht wird man bei späteren Ausführungen die Haftbolzen zur besseren Verbindung mit dem Quader unten etwas abbiegen, doch so, daß sie bei der Herstellung der Quader noch in die Löcher der Platten eingeführt werden können.

Die Federsicherung einer Stütze besteht aus zwei Federschutzkappen, einem Abschlußbleche und vier Rundstäben. Das Abschlußblech in der dargestellten Form bildet zugleich eine Verstärkung des Bodens der Unterlegplatte, es ist auswechselbar und soll die Unterlegplatte schonen. Im Vorversuch sind die Federn unmittelbar auf die Unterlegplatte gestellt und gegen das Verschieben mit seitlichen Blechplatten und Stäbchen geschützt worden. Durch die die Federn nunmehr eng umschließenden Kappen und Bleche, die jedoch das vertikale Spiel der Federn in keiner Weise behindern, und durch die Stäbchen scheint nunmehr eine recht gute Sicherung der Federn erreicht worden zu sein: die Federn bleiben beim Befahren ruhig an Ort und Stelle, es ist auch keinerlei Geräusch bemerkbar. Zur Entfernung der Federn aus den Stützen werden vorerst die Stäbchen herausgestoßen, die Schiene wird mit einer einfachen Stange etwa 1 mm gehoben (was auch die Vorrichtungen gegen das Abheben der Schienen zulassen) und dann wird das Abschlußblech mit den Federn herausgezogen.

Die Stützenmauer (Tafel 29, Abb. 15, 16, 18 bis 20).

Die Stützenmauer besteht aus dem armierten Quader (Unterlagsquader), auf dem die Unterlegplatte befestigt ist und aus der Untermauerung, die wieder aus der Fundamentplatte und dem Zwischenmauerwerk besteht. Der Sinn der Zerlegung der Stützenmauer in Quader- und Unterlagsmauerwerk liegt laut meinen Darlegungen auf Seite 196, „Organ“ 1927 darin, „daß die Herstellung jenes Teiles der Stützenmauer, der die Unterlegplatte aufzunehmen hat, eine besondere Sorgfalt erfordert und auch besonders gutes Material notwendig macht, was am besten durch Herstellung abseits des

Bahnkörpers in dafür geeigneten Arbeitsstätten erfolgt. Überdies kann dadurch die Herstellung der Quader unabhängig vom Zeitpunkt des Gleisbaues vor sich gehen".

Im Vorversuch kamen, genau wie im ursprünglichen Entwurf, 70 cm breite Quader zur Verwendung, die somit die Breite des Fundamentmauerwerks hatten. Für den Hauptversuch glaubte ich die Quaderbreite auf 60 cm vermindern zu können, um die Quader billiger und leichter an Gewicht herzustellen und eine sichere Auflagerung auf der 70 cm breit belassenen Fundamentplatte zu erhalten. In Bögen mit Spurerweiterungen kann man dann die Fundamentplatte entsprechend der Bogenachse herstellen ohne auf die Erweiterung der Spur Rücksicht nehmen zu müssen, die Quader werden hierauf, angepaßt der richtigen Lage der beiden Schienen, auf dem Fundament entsprechend verschoben. Im Hauptversuch sind von den 296 Stützen 274 mit Quader und Untermauerung, 22 Stützen sind jedoch versuchsweise nach einem Vorschlag der Bauführung mit einer unterhalb der Unterlegplatten vorgesehenen Armierung ohne Verwendung besonderer Quader an Ort und Stelle in einem Stück hergestellt worden. Welche Art der Herstellung des Stützenmauerwerks zweckmäßiger ist, können erst weitere Versuche und das Verhalten im Betriebe zeigen; in Bögen mit Überhöhungen der Außenschiene dürfte die Betonierung der Stützen an Ort und Stelle gewisse Vorteile haben. Da die Unterlegplatte in beiden Stützarten dieselbe ist, ist es für das Verhalten der Schienen im Betriebe gleich, ob die eine oder die andere Ausführungsart angewendet wird, soferne an den Stützen selbst keine Veränderung auftritt.

Die Querverbindung (Taf. 29, Abb. 8 bis 10, 11 und 14).

Die Konstruktion der Querverbindung ist nunmehr sehr einfach geworden. Der verwendete Winkel ist einem in Österreich üblichen Profile entnommen, die Klemmplättchen und Hakenschrauben entsprechen einer Regelausführung des österreichischen Oberbaues für Weichen auf Eisenquerschwellen. Eine gewisse Ähnlichkeit der von mir vorgeschlagenen Querverbindung mit den Eisenquerschwellen des Querschwellenoberbaues ist zweifellos gegeben, die Anforderungen aber, die an die Querverbindung im Federnoberbau und an die Querverbindung die zugleich Querschwelle ist, gestellt werden, sind voneinander wesentlich verschieden: Beide Querverbindungen haben wohl die Aufgabe, die Spurweite zu halten und das Kanten der Schienen zu verhindern, doch hat die Querverbindung des Federnoberbaues nur diese Aufgabe zu erfüllen, während der Querschwelle überdies noch die Übertragung des Druckes der Schienen auf die Schotterbettung obliegt. Die Bewegungen der schwer belasteten Querschwellen im Schotterbett beanspruchen die Befestigung zwischen Schiene und Schwelle in ungünstigster Weise und gehen auf eine Lockerung der Befestigungsmittel hinaus, die Querverbindungen des Federnoberbaues dagegen machen alle Bewegungen der Schienen ungestört mit, ohne irgend einen Widerstand zu finden.

Die Anordnung der Winkel nach jeder zweiten Stütze ist reichlich, diese Anordnung entspricht auch den angreifenden äußeren Kräften, da die Abstände der maßgebenden Räder immer größer als 150 cm, also größer als der doppelte Stützenabstand sind. Weniger Querverbindungen anzuordnen würde ich nicht empfehlen, um den großen Seitenkräften, die eine Erweiterung der Spur und das Kanten der lotrecht gestellten Schienen anstreben, wirksam entgegentreten zu können. In Bögen wird es sich empfehlen, bei Belassung der gleichen Anzahl von Querverbindungen den wagrechten Winkelschenkel breiter zu gestalten, um wenigstens an der Innenseite des Schienenfußes anstatt einer Schraube deren zwei anordnen zu können.

Die Verankerung (Taf. 30, Abb. 1, 2, 6 bis 8; Taf. 29, Abb. 19).

Die Laschen der Verankerung und der Vorrichtung gegen das Abheben der Schiene haben den gleichen Querschnitt, um das gleiche Walzprofil verwenden zu können, auch die Eisenschrauben sind für beide Vorrichtungen dieselben. Das Führungsstück besteht aus Stahl. Die Lochung im Führungsstück und im Führungseisen (Abb. 1) ist so angeordnet, daß sich die Schienen 15 mm senken und 1,5 bis 2 mm über die Ruhelage hinaus erheben können. Die Verankerung bietet somit auch eine Hemmung der Aufwärtsbewegung der Schienen, die aber erst bei einer Hebung von über 1,5 bis 2 mm wirksam wird. Die natürliche Biegelinie der Schiene mit ihrer Welle von weniger als 1 mm Hebung vor dem ersten Rad einer Lokomotive kann sich somit ungestört entwickeln, auch können dadurch die Schienen soweit gehoben werden, daß die Federn ohne Abnahme der Verankerung herausgenommen werden können. Das Führungsstück ist gemäß Abb. 1 an den Laschen mit acht Eisenschrauben zu 1 Zoll befestigt, um die großen Längskräfte, die von der Schiene auf die Laschen übertragen werden, übernehmen und auf die im Mauerwerk verankerten Führungseisen übertragen zu können. Bildet man das Führungsstück so aus, daß es die Laschen außen winkelartig umgreift, so übernimmt das Führungsstück unmittelbar die von den Laschen herrührenden Kräfte, die Schrauben werden entlastet und können in geringerer Anzahl angeordnet werden.

Die in den Tafeln dargestellte und im Versuchsgleis von Absdorf ausgeführte Form der Verankerung halte ich nicht für endgültig. Im Versuchsgleis ist bei einem Schienenfeld auch eine andere Form der Verankerung nach einem Vorschlage der Bauführung zur Ausführung gelangt.

Die Vorrichtung gegen das Abheben der Schienen (Taf. 30, Abb. 3 bis 8 und Taf. 29, Abb. 20.

Die Vorrichtung besteht aus zwei Laschen, einer Bügelplatte, einem im Mauerwerk festgehaltenen Zugeisen mit Schraube $1^3/_8$ Zoll, der Schraubensicherung, den Laschen- und Eisenschrauben. Die Schraube des Zugeisens ist einstellbar und so eingestellt, daß ein Abheben der Schiene über die Ruhelage hinaus, aus den gleichen Gründen die für die Lochung bei der Verankerung maßgebend waren, erst von 1,5 bis 2 mm an gehemmt wird.

Der Oberbau hat nur wenige Schrauben und nur zwei Schlüsselweiten für die Schrauben; die Schrauben, die in der Verankerung eingemauert sind, kommen für eine Unterhaltung nicht in Betracht. Der Federnoberbau hat weniger Schrauben als ein Querschwellenoberbau auf Eisen- oder Holzquerschwellen.

B. Der Vorversuch im Bahnhof Heiligenstadt.

Der Vorversuch hatte den Zweck, vor der Durchführung eines größeren Versuches auf einer Hauptstrecke auf kürzestem Wege in Erfahrung zu bringen, wie sich die Schienen auf den vollkommen elastischen Schraubenfedern im Betrieb verhalten, vor allem ob ein Aufschnellen der Federn, also ein störendes Erheben der Schienen über die Ruhelage hinaus, auftritt, weiters um das wichtigste Verhalten des Oberbaues, für den nunmehr die Einzelpläne ausgearbeitet waren, nämlich das Zusammenwirken von Schiene, Feder, Unterlegplatte und Schienenstütze (Stützenmauer) zu erkennen.

Ich werde im folgenden die Anlage des kleinen Versuchsstückes im Bahnhofnebengleis Heiligenstadt nur ganz kurz beschreiben und von den Versuchsergebnissen, um Wiederholungen zu vermeiden, nur jene wiedergeben, die beim Hauptversuch nicht mehr wiederholt wurden. In Wirklichkeit war nur ein schrittweises Vorgehen möglich, weil bei einem Oberbau der wie dieser so vollständig neu und abweichend von allen anderen Arten ist, jede Annahme und jede Folgerung erst

theoretisch und praktisch nachgewiesen werden muß. Wie ich in meiner ersten Abhandlung, die mit Ausnahme zweier Federn, die im Eisenwerk tatsächlich ausgeführt und erprobt waren, nur theoretische Erwägungen und theoretische Folgerungen enthalten konnte, nur schrittweise vorgehen durfte, um z. B. die Frage zu bejahen, ob die Formeln für die Stützendrücke des Querschwellenoberbaues auf die Stützendrücke des Federnoberbaues angewendet werden dürfen, so muß bei den praktischen Versuchen jede Erscheinung, einerlei ob sie zu erwarten ist oder unerwartet auftritt, ob sie erwünscht oder nicht erwünscht ist, genau festgestellt, überprüft und verarbeitet werden. Hier ist alles Neuland. Größte Vorsicht vor Aufstellung einer Behauptung, Wiederholung der Versuche, Überprüfung der Instrumente, Überprüfung aller Voraussetzungen: erst dann ist eine Schlußfolgerung möglich.

a) Die Schraubenfedern des Vorversuches.*)

Die Bedeutung der Federn für einen Oberbau auf Federn ist eine so große, daß ich den Federn des Vorversuches und des Hauptversuches in dieser Abhandlung die größte Beachtung schenken will. Die Abmessungen der gelieferten Federn, ihr Verhalten bei den Druckversuchen, das Verhalten der Doppelfedern beim Laboratoriumsversuch und im Betriebe sind gewiß von allergrößtem Interesse. Die Schiene A der Österreichischen Bundesbahnen hat eine Schienenfußbreite von nur 112 mm. Die Schraubenfedern müssen unter dem Schienenfuß Platz haben, außerdem muß noch Platz für die Fedemschutzhülse vorhanden sein, die mit einer Wandstärke von 8 mm die Federn kappenartig umgreift. Daraus ergab sich die Forderung nach einer maximalen äußeren Federbreite von 90 mm. Die Federbreite muß genau eingehalten werden, weil die Schutzkappen mit 94 mm Innenweite gleichzeitig in Bestellung gegeben werden mußten. Die freie Höhe wurde mit 109 bis 112 mm vorgeschrieben, die Federung mit 1 mm/1000 kg. Bestellt wurden für die Vorversuche 24 Federn.

Die Gebrüder Böhler und Co. A. G. Wien, stellte hierauf folgendes Angebot:

Druckfedern aus Spezial-Autofederstahl, Marke „Böhler 2 M", ölgehärtet, für eine Federung von 1 mm/1000 kg, äußerer Durchmesser 90 mm, Drahtstärke 28, wirksame Windungen 2,5, unwirksame Windungen 1,5, gesamte Windungen 4, unbelastete Höhe 109 bis 112 mm, Höchstdruck 10000 kg. Lieferzeit vier Wochen.

Auf meine Anfrage, ob der Ausdruck „Höchstdruck" dahin zu verstehen sei, daß die Federn diesem Druck noch standhalten oder daß sie bei diesem Druck bereits unwirksam werden, kam die Antwort, „daß die Druckfedern einem Höchstdruck von 10000 kg noch standhalten, ohne ihre Wirksamkeit zu verlieren. Bei diesem Drucke wird eine Überschreitung der Elastizitätsgrenze noch nicht eintreten".

Die gelieferten Federn waren hinsichtlich des äußeren Durchmessers vollkommen entsprechend, die Ausmaße bewegten sich zwischen 88 und 90 mm, das Gewicht einer Feder betrug im Durchschnitt 3,0 kg.

*) Es wurde auch die Möglichkeit der Verwendung anderer Arten wirklicher Federn in den Kreis der Betrachtungen gezogen. Die Aufmerksamkeit des Verfassers wurde hierbei auf die Reibungsfedern der „Ringfeder" G. m. b. H. in Uerdingen (Niederrhein) gelenkt, die zu einem sehr interessanten Austausch der Meinungen führte. Mit Rücksicht darauf, daß die mittlerweile durchgeführten Versuche ergeben haben, daß die in ihrer Wirkungsweise einfacheren und auch billigeren Schraubenfedern dem gedachten Zwecke vollkommen entsprechen, wurde von der Durchführung von Versuchen mit Reibungsfedern Abstand genommen.

b) Ergebnisse des Vorversuches in Heiligenstadt und der Federnüberprüfung im Laboratorium der Generaldirektion.

Die A-Schiene (Gewicht 44,4 kg/m) liegt im Federnoberbau auf Doppelfedern im neuverlegten Querschwellenoberbau auf Holzquerschwellen, im Schlägelschotter gut unterstopft mit festangezogenen Befestigungsmitteln. Beim Federnoberbau sind des kurzen Versuchsstückes wegen, keine Längsverankerungen und auch keine Vorrichtungen gegen das Abheben der Schienen angebracht worden.

Lastanordnung: Lokomotive 478,50 voll ausgerüstet.

Die Lokomotive ist eine Tenderlokomotive mit vier gekuppelten Triebachsen ohne Laufachsen.

Raddrücke I—IV links 8,3 + 7,7 + 7,9 + 8,0 t
rechts 8,5 + 8,3 + 8,2 + 7,5 t

Abstand der Räder je 1400 mm.

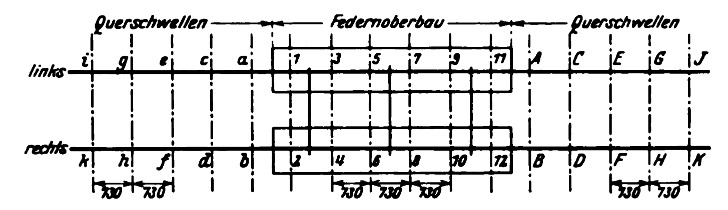


Abb. 3. Anordnung des Vorversuches.

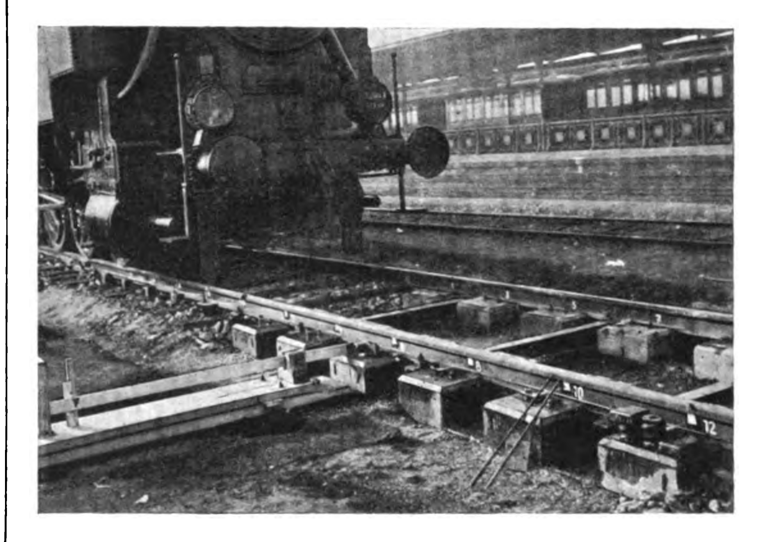


Abb. 4. Vorversuch im Bahnhof Heiligenstadt.

Die elastische Senkung der Schiene unter der Einwirkung der Lokomotive 478,50 wurde im Januar 1928 in einer Reihe von Versuchen ermittelt. Am Schienensteg wurden in der Mitte jeder Stütze Papierstreifchen mit Millimetereinteilung angebracht und an den Stützen selbst (Oberfläche der Unterlegplatte) wurden Blechzeiger befestigt, an deren Spitze eine Nadel angelötet war, die auf die Millimetereinteilung des Schienensteges hinwies. Liest man mit einem Vergrößerungsglas die Grundstellung der Nadel ab und vergleicht man diese Ablesung mit der Ablesung unter der Einwirkung der Last, so erhält man die Senkung der Schiene gegenüber der Stütze. Diese einfache und recht genaue Ableseart mittels des Vergrößerungsglases ist nur unter der ruhenden Last möglich, bei bewegter Last konnte die Beobachtung der Senkung der Schiene gegenüber der Nadel nur mittels Ferngläsern erfolgen. Die Meßvorrichtung, die in der eigentlichen Versuchsstrecke zur Messung der Schienensenkungen unter bewegter Last verwendet wurde, stand hier noch nicht zur Verfügung. Die Beobachtungen erstreckten sich auch auf die Senkungen des benachbarten Querschwellenoberbaues, der zu diesem Zwecke ebenfalls mit Papierstreifen und Zeigern ausgestattet wurde.

Die Zeiger für den Querschwellenoberbau waren auf Pflöcken befestigt, die nahe der Schwelle im Schotterbett etwa 70 cm tief eingerammt wurden.

Die Schienensenkungen.

Für die Ermittlung der Schienensenkungen unter Ruhelast, wurde das erste Rad der Lokomotive zuerst über die erste, dann über die zweite, dritte und schließlich letzte Stütze bzw. Querschwelle gestellt. Bei jeder Stellung der Lokomotive wurden die Zeigerablesungen sowohl an der linken wie an der rechten Seite vorgenommen, die vorgefundenen Schienensenkungen wurden in eine Tafel übertragen, die nun ein recht gutes Bild über den Verlauf der Biegelinie der Schiene an beiden Oberbauarten ergab. Wegen der Ähnlichkeit dieser Senkungsbilder mit den später dargestellten Schienensenkungen am Versuchsoberbau bei Absdorf-Hippersdorf, kann ihre Darstellung hier entfallen. Hervorgehoben sei, daß damals zum erstenmal festgestellt wurde, daß am Federnoberbau ein Abheben (Aufsteigen) der Schiene unter der Einwirkung der ruhenden Last in ganz ähnlicher Weise wie beim Querschwellenoberbau erfolgt. Dieses Aufsteigen der Schiene fand vor dem ersten Rad und hinter dem letzten Rad der Lokomotive statt, es betrug nicht mehr als 0,5 mm und war über dem Federnoberbau nicht größer als über dem Querschwellenoberbau. Weiters wurde beobachtet, daß die Senkungen der Schiene über den federnden Stützen erheblich größer waren als die über dem neuverlegten Querschwellenoberbau mit fest angezogenen Befestigungsmitteln, daß also das Federngleis mit Doppelfedern der Senkung von 1,1 mm/1000 kg der Einzelfeder, elastischer ist als ein neuer Querschwellenoberbau. Es wurden die größten Schienensenkungen am Federnoberbau mit 4 mm, am Querschwellenoberbau mit 2,6 mm festgestellt. Die Federung des Federnoberbaues war absichtlich sehr weich gewählt worden, um ein besonders elastisches Gleis zu erhalten, dennoch fand sich für die verhältnismäßig großen Schienensenkungen am Federnoberbau anfangs keine Erklärung. Die Erklärung ergab sich jedoch bei der wenige Tage später erfolgten Untersuchung des Zusammenwirkens zweier Doppelfedern im Laboratorium der Generaldirektion, über die im folgenden berichtet wird.

In der Folge wurden auch Beobachtungen über die Schienensenkungen bei herausgenommenen Federn vorgenommen.

Stütze 7/8 beide Doppelfedern entfernt, 2. Achse der Lokomotive über der federlosen Stütze (Textabb. 5):

Die gestrichelte Linie und die eingeklammerten Zahlen zeigen die Senkung der Schiene unter der gleichen Laststellung bei eingebauten Federn an. Die Senkungen der rechten Schiene verliefen durchaus ähnlich, dem größeren Raddrucke des rechten Rades (Rad II rechts 8,3 t, links 7,7 t) entsprechend größer. Die Senkungen über den Stützen 2 bis 12 waren 3,9, 4,6, 4,2, 5,2, 4,3 und 3,7 mm.

Stütze 7/8 beide Doppelfedern wie vor entfernt, 2. Achse über der Nachbarstütze 9/10 (Textabb. 6).

Die entsprechenden Senkungen der rechten Schiene waren 3,8, 4,1, 4,3, 5,3, 4,6 und 3,6 mm.

Aus den Versuchen mit den herausgenommenen Federn ist zu ersehen, daß im Falle des Bruches einer Doppelfeder oder einer Stütze der Druck auf die Nachbarstützen (infolge der Steifigkeit der Schienen und der Nachgiebigkeit der Federn) ziemlich gleichmäßig verteilt wird, so daß deren Federn größere Lasten übernehmen, ohne aber überlastet zu werden.

Die Schienensenkungen unter bewegter Last konnten, wie erwähnt, mangels einer geeigneten Meßvorrichtung nicht genau ermittelt werden, es wurde aber beobachtet, daß beim Vorüberfahren der Lokomotive ein Erheben der Schienen über die Ruhelage hinaus, ebenso wie bei unbewegter Last nur vor dem ersten und hinter dem letzten Rad der Lokomotive und nur im Ausmaße von höchstens 0,5 mm erfolgte.

Die Federnüberprüfung im Laboratorium der Generaldirektion.

Die erwähnten Höchstsenkungen von 4 mm unter den Raddrücken von 8,3 bis 8,5 t fanden, wie erwähnt, vorerst keine Erklärung. Faßt man sie als reine Federnsenkungen auf, so entsprächen 4 mm Senkung bei einer Durchbiegung der Einzelfelder von max. 1,2 mm auf eine Tonne Last und bei Verwendung von Doppelfedern einem Stützendruck von 8:1,2=6,7 t. Es wäre dann 6,7=x.8,3, x=0,8, somit P=0,8 G, ein Stützendruck, der in dieser Höhe für Ruhelasten wohl unwahrscheinlich ist und auch mit dem aus der

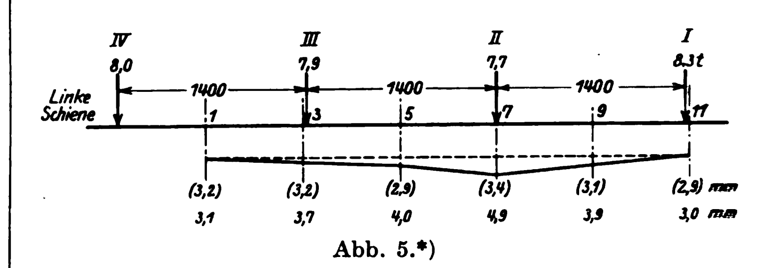


Abb. 5.*)

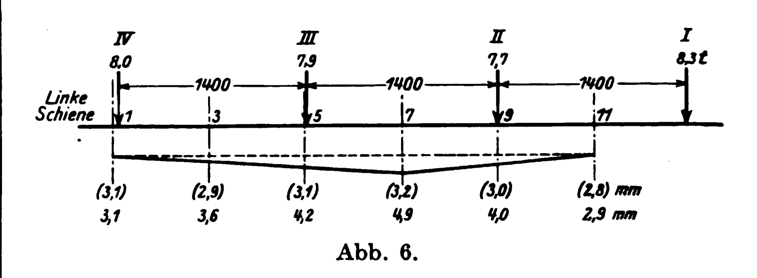


Abb. 6.

Hoffmannschen Formel mit P=0,54 G errechneten Stützendruck nicht übereinstimmt. (Siehe meine Abhandlung „Organ" 1927, S. 182.) Da die großen Schienensenkungen scheinbar für weichere Federn sprachen, tauchte der Gedanke auf, ob nicht bei den Federnuntersuchungen im Eisenwerk Kapfenberg Fehler unterlaufen waren, oder ob die Federn schon durch das erste Darüberfahren mit schweren Lasten ermüdeten.

Obwohl mir diese Auslegungen ganz unwahrscheinlich erschienen, ersuchte ich doch das mechanisch-technische Laboratorium der Generaldirektion um die Erlaubnis, einige Federn dort untersuchen zu können und brachte am 7. Februar 1928 vier Federn, und zwar zwei ungebrauchte und zwei gebrauchte zur Erprobung. Die beiden gebrauchten Federn hatten die Bezeichnung 5 und 18, die ungebrauchten 8 und x. Die Bezeichnungen 5, 18 und 8 rühren noch von der Bezeichnung im Werke Kapfenberg her.

Die Druckversuche vom 7. Februar hatten folgendes Ergebnis:

	Belastung 0	5000 kg	10000 kg
Feder 5			
Höhe . .	112,2	106,2	99,6 mm
Senkung .	0	6,0	12,6 „
Feder 18			
Höhe . .	111,0	106,0	99,4 „
Senkung .	0	5,0	11,6 „

*) Die gestrichelte Linie in Abb. 5 ist keine Gerade.

	Belastung 0	5000 kg	10000 kg
Feder 8			
Höhe . .	111,1	104,7	98,9 mm
Senkung .	0	6,4	12,2 „
Feder x			
Höhe . .	111,0	104,7	98,9 „
Senkung .	0	6,3	12,1 „

Ergebnis: Die gebrauchten und die ungebrauchten Federn, nunmehr erprobt auf einer anderen Prüfmaschine, ergaben dieselben Senkungen wie die der Erprobung im Werke Kapfenberg. War es nun erwiesen, daß die seinerzeitige Federnüberprüfung keine Unrichtigkeiten enthielt und daß an den Federn durch den kurzen Gebrauch keine Veränderungen eingetreten waren, so war der Gedanke naheliegend, ob nicht durch die Verwendung der Federschutzkappen elastische Zwischenglieder eingeschaltet werden, die die Elastizität der Schienenauflagerung in unliebsamer Weise erhöhen? Die Möglichkeit, daß die Deckel der Schutzkappen eine Wölbung aufweisen, oder daß die Innenrundung der Schutzkappen eine nicht vollkommen ebene Auflagerung auf die Federn zuläßt, war nicht von der Hand zu weisen.

Es fand daher am 9. Februar eine neuerliche Untersuchung der Federn, und zwar mit und ohne Schutzkappen und Zwischenblechen statt. Untersucht wurden zwei andere Federn, Nr. 15 und 23, die zu diesem Zwecke dem Versuchsoberbau entnommen wurden.

Untersuchung der Einzelfedern

Belastung	0	1000	2000	3000	5000	10000 kg
Feder 15 samt Schutzkappe und Einlagblech						
Höhe . . .	115,3	112,9	111,7	110,5	108,1	102,5 mm
Senkung . .	0	2,4	3,6	4,8	7,2	12,8 „
Feder 15 ohne Schutzkappe						
Höhe . . .	110,0	—	106,4	—	102,9	97,0 „
Senkung . .	0	—	3,6	—	7,1	13,0 „
Feder 23 samt Schutzkappe						
Höhe . . .	115,5	113,9	112,7	111,5	109,4	103,9 „
Senkung . .	0	1,6	2,8	4,0	6,1	11,6 „
Feder 23 ohne Schutzkappe						
Höhe . . .	110,1	108,4	—	—	104,0	98,4 „
Senkung . .	0	1,7	—	—	6,1	11,7 „

Ergebnis: Ein Einfluß der Schutzkappen, deren Deckel tatsächlich ganz eben sind und eine solche Fläche besitzen, daß die Innenrundung mit der Feder keine Berührung aufweist, ist nicht wahrzunehmen, die Senkungen der Federn mit und ohne Schutzkappen sind als nahezu gleich zu bezeichnen. Auffallend ist die verhältnismäßig große Einsenkung der Feder 15 unter den kleineren und mittleren Belastungen. Die Erklärung dafür dürfte darin liegen, daß die Auflagerflächen der Feder 15 nicht parallel zur Federnachse waren, die Feder war schief abgeschliffen, dadurch drückten die beiden parallelen Flächen der Prüfmaschine zuerst die erhöhten Kanten der Feder nieder und erst bei großen Drücken kam die Feder voll und senkrecht zu ihrer Achse zur Beanspruchung.

Ähnlich wie auf der Prüfmaschine dürfte auch das Verhalten der Federn unter dem Druck der Schiene sein, es wird bei der Herstellung der Federn darauf zu achten sein, daß die beiden Auflagerflächen vollkommen eben, zueinander parallel und genau senkrecht zur Achse der Feder sind.

Untersuchung der Doppelfedern.

Belastung	0	1000	2000	3000	5000	10000	15000 kg
Federn 15 und 23 mit Schutzkappen, die ungleichen Höhen mit Zwischenlagerung eines dünnen Bleches ausgeglichen.							
Höhe . . .	115,1	114,1	113,2	112,4	111,3	108,3	104,8 mm
Senkung . .	0	1,0	1,9	2,7	3,8	6,8	10,3 „
Senkung pro Tonne		1,0	0,95	0,90	0,76	0,68	0,68 „

Als Beobachtungsergebnis wäre wieder die verhältnismäßig größere Einsenkung der Feder unter den kleineren Belastungen hervorzuheben, die in den erwähnten Ungleichmäßigkeiten der Federn und im Zusammenwirken zweier, mathematisch nie gleich hoher Federn erklärt werden kann. Diese größere Elastizität des Gleises unter den kleineren Drücken und etwas kleinere aber immer noch reichliche Elastizität bei großen Drücken, erscheint mir nicht unerwünscht: Die kleineren Drücke gehen von den Personenwagen aus (ein Vierachser hat 40 t, daher der Achsdruck 10 t, Raddruck 5 t, größter statischer Stützendruck etwa 2,7 t) und es kann nur von Vorteil sein, wenn die von den Reisenden besetzten Wagen eine besonders elastische Bahn vorfinden.

Mit diesen Versuchsergebnissen in der Versuchsanstalt waren aber die vorgefundenen Höchstsenkungen unter der Lokomotive 478 noch nicht restlos erfaßt.

Unter dem 8,3 t schweren zweiten Rad der Lokomotive war die Senkung 4,0 mm. Aus dem Laboratoriumsversuch ergäbe sich eine Senkung der Doppelfeder von etwa 0,7 mm/t; da der größte Stützendruck nur etwa $0{,}54 . 8{,}3 = 4{,}5$ t sein kann, müßte die tatsächliche Federnsenkung unter dem Rade II etwa $4{,}5 . 0{,}7 = 3{,}15$ mm betragen. Der Rest ist auf Hohlräume zurückzuführen, die zwischen Federnschutzkappe und Schiene und wohl auch an den Lagerflächen der Federn auftreten und die etwa 0,5 bis 1 mm ausmachen dürften.

Derartige Hohlräume sind unerwünscht, weil durch sie senkrechte Bewegungen der Schiene auftreten, denen nicht der Wert der Verarbeitung äußerer Stoßkräfte zukommt. Diese Hohlräume müssen daher möglichst klein gehalten werden. Sie treten auch im Querschwellenoberbau auf, im Oberbau mit eisernen wie mit hölzernen Querschwellen, im alten Gleis naturgemäß größer als im neuverlegten. In meiner Abhandlung (Organ, Heft 10 von 1927) habe ich im Abschnitt „Elastizität des Gleises“ aus dem Buche „Die Grundlagen des Gleisbaues“ von Dr. Karl Bräuning, folgende Stelle angeführt: „Die elastische Senkung des ganzen Gleises setzt sich zusammen aus dem elastischen Zusammenpressen des Gleisbettes und der Schwelle und dem Verschwinden von Hohlräumen zwischen Schiene, Schwelle und Bettung ...... Durch feste Gleisverbindungen werden zwar die Hohlräume zwischen Schiene und Schwelle nahezu beseitigt, zwischen Schwelle und Bettung indessen vergrößert .... Unter eisernen Schwellen werden Hohlräume bis 2 mm beobachtet.“

C. Die Versuchsstrecke bei Absdorf-Hippersdorf.

a) Die Anordnung der Versuchsstrecke.

Die Versuchsstrecke liegt in km 42,427 bis km 42,532 der Linie Wien-Franz-Josefsbahnhof—Staatsgrenze bei Gmünd im Gleis I zwischen den Bahnhöfen Tulln und Absdorf-Hippersdorf. Über das Gleis verkehren u. a. die Schnellzüge nach Prag und Berlin sowie die Schnellzüge nach Karlsbad, Marienbad und Franzensbad mit Fahrgeschwindigkeiten bis zu 90 km/Std. Die Versuchsstrecke ist 105,4 m lang, sie liegt in einer Steigung von $0{,}9^0/_{00}$ und in der Geraden.

Das Gleis liegt auf einem Damm von 1 bis 2 m Höhe, die Dammschüttung besteht aus festem Donauschotter, vermengt mit Sand. Anschließend an das Versuchsstück liegt beiderseits Querschwellenoberbau mit Schienen A der Österreichischen Bundesbahnen 20 m lang mit 29 Schwellen, 28 Mittel- und 30 Spannplatten, die Schwellen im Schlägelschotter (Granit) in einer Stärke von ungefähr 40 cm unter Schwellenoberkante. Der anschließende Querschwellenoberbau wurde fast gleichzeitig mit der Versuchsstrecke im Herbst 1928 neu verlegt. Die Einzelheiten der Anordnung der Versuchsstrecke mögen aus Textabb. 7 ersehen werden.

b) Die Schraubenfedern des Hauptversuches.

Bestellt wurden 620 Stück Federn. Die Bedingungen waren dieselben wie für die 24 Federn des Vorversuches, nur wurde das Verlangen gestellt, die Federn womöglich etwas härter, keinesfalls aber weicher herzustellen.

Für die Übernahme waren über Ersuchen sämtliche Federn mit eingekerbten Nummern versehen worden. Als Vorprüfung hatte das Eisenwerk vorerst sämtliche Federn auf Zusammenpressen Windung auf Windung untersucht; alle, die nach dem Zusammenpressen nicht wieder genau in die ursprüngliche freie Höhe zurückkehrten, waren ausgeschieden worden. Die verbliebenen Federn wurden einer Voruntersuchung auf Belastung mit 5000 und 10000 kg unterzogen.

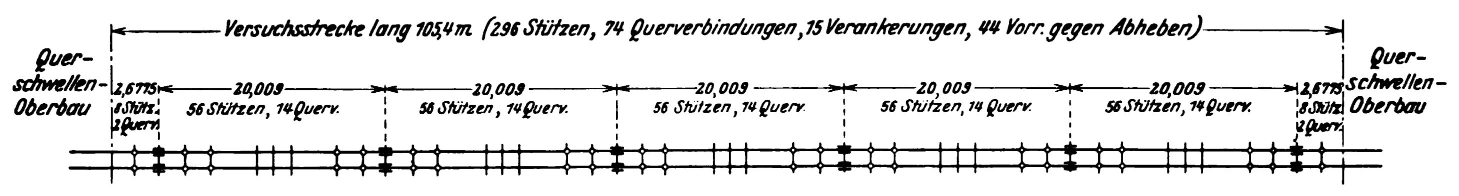


Abb. 7. Anordnung der Versuchsstrecke bei Absdorf-Hippersdorf.

Bei der Übernahme im Eisenwerk Kapfenberg am 28. August 1928 wurden aus dem vorläufigen Senkungsprotokoll die härtesten und die weichsten Federn herausgezogen (94 Stück) und an Ort und Stelle neuerlich auf 5000 und 10000 kg überprüft.

Die Abmessungen sowohl der freien Federhöhe wie der belasteten Feder konnten nicht auf Zehntelmillimeter genau erfaßt werden, wahrscheinlich nur auf 0,2, sicher aber auf 0,3 mm. Der Grund dafür liegt zum Teil darin, daß die Federn nicht immer vollkommen parallel abgeschliffen waren, oder daß der Parallelschliff nur eine kurze Auflagerfläche erfaßte, so daß es nicht gleich ist, bei welcher Stellung man die freie Federhöhe abmißt, weiters, daß bei der belasteten Feder der Innenabstand der beiden Druckstempel nur mit Greifzirkel und Maßstab gemessen werden konnte, wodurch sich ebenfalls Ungenauigkeiten und Fehlerquellen ergeben. Das Eisenwerk beabsichtigt, eine selbsttätige Meßvorrichtung anzuschaffen, die die Fehlerquellen ausschaltet und die auch ein rascheres Ablesen der tatsächlichen Federhöhen ermöglichen soll.

Mit diesem Vorbehalt wäre zu bemerken:

Hinsichtlich der freien Federhöhe:

Die freien Federhöhen der bestellten Federn schwanken zwischen 108 mm und 112 mm, das sind 4%; diese extremen Werte kommen aber nur in geringer Anzahl vor. Mit Unterschieden in der Federhöhe von 3 bis 4%, das sind 3 bis 4 mm, wird man aber rechnen müssen, viel genauer dürfte ein Eisenwerk bei größeren Bestellungen die Federhöhen nicht herstellen können. In meiner Abhandlung im „Organ" 1927 habe ich auf Seite 194 ausdrücklich erwähnt, daß Verschiedenheiten in den freien Federhöhen von 3 mm als Folge der Massenerzeugung keineswegs störend sind, „man wird beim Verlegen der Federn aus der Menge der gelieferten Federn solche mit gleicher Höhe aussuchen, die gleich hohen auf ein längeres Stück verlegen, daran anschließend ein Gleisstück mit Federn, die z. B. um 1 mm höher sind, ausstatten, anschließend wieder ein Gleisstück mit etwas höheren aber untereinander gleichen Federn, so daß alle Federn verwendet werden können, ohne daß die Stetigkeit des Gleises darunter leidet oder an der Höhe der Schienenstützen etwas geändert werden muß. Sind kleine (unvermeidliche) Unregelmäßigkeiten in der Höhenlage der Schienenstützen vorhanden, so können sie durch richtige Anwendung entsprechend hoher Federn ausgeglichen werden".

Das Vorgesagte gilt natürlich nur dann unbeschränkt, wenn man gewisse Vorräte an Federn hat, wie sich dies bei einem eingeführten Oberbau von selbst ergibt. Man kann sich aber bei Mangel an Reservestücken in anderer Weise helfen: Wie ich bei der Besprechung der Bauausführung dartun werde, richten sich die Schienenstützen und damit die Federn nach den Schienen und nicht die Schienen nach den Stützen; vorerst werden die Schienen in die richtige Lage gebracht, dann die Schienenstützen mit den darin liegenden Federn herangebracht und ausgerichtet. Es brauchen bei einer Stütze mit Doppelfedern nur die beiden Federn derselben Stütze gleich hoch sein, im übrigen ist die Federhöhe ziemlich ohne Belang. Überdies kann man sich durch Einlegen von Metallplättchen zwischen Federschutzkappe und Feder helfen. Hat man einen Vorrat an Federn verschiedener Höhen, so kann man sich solche Plättchen zum Ausgleich etwa verbleibender Unrichtigkeiten in den Federhöhen ersparen.

Hinsichtlich der Federung (Elastizität) der Federn.

Die Federn waren für eine Federung von 1 mm/1000 kg bestellt. Dies ist im Mittel recht gut eingehalten worden. Es sind aber Verschiedenheiten in den Senkungen der einzelnen Federn untereinander bei gleicher Last vorhanden: d. h. es gibt härtere und weichere Federn. Der Unterschied zwischen den härtesten und den weichsten Federn beträgt etwa 40%. Durch die Verwendung von Doppelfedern, bei denen es ganz unwahrscheinlich ist, daß gerade zwei härteste oder zwei weichste Federn zusammen verwendet werden, gleicht sich dieser größte Unterschied auf etwa 30% aus. Mit 30% Unterschiede in der Federung der einzelnen Stützen muß bei Massenbestellungen wohl gerechnet werden. Dies geht auch aus den Messungen an der Versuchsstrecke hervor. Daß jedoch diese Verschiedenheiten in der Federung für den Betrieb nicht als störend empfunden werden können, möge aus folgender Überlegung hervorgehen.

Die größten statischen Stützendrücke betragen bei einem Raddruck von 10 t im Sinne der Formel $P = 0{,}54 . G = 5{,}4$ t, dies ergibt bei einer Federung der Einzelfeder von 0,9 mm/1000 kg eine Senkung der Doppelfeder von 2,43 mm; bei einer Federung der Einzelfeder von 1,2 mm/1000 kg ist der entsprechende Wert 3,24 mm. Berücksichtigt man die dynamische Einwirkung im Sinne der Formel $P = 0{,}54 . 1{,}5\, G = 0{,}8 . G$ durch Vergrößerung des statischen Einflusses um 50% (dieser Einfluß kommt aber, wie später dargetan werden soll, nur bei unrunden Rädern in Betracht), so erhält man die größten Federsenkungen bei 0,9 mm/1000 kg mit 3,6 mm und bei Federn von 1,2 mm/1000 kg mit 4,8 mm. Die Schienensenkungen können gegenüber den Federsenkungen wohl noch durch das Verschwinden kleiner Hohlräume vergrößert werden, diese Zusätze bleiben aber immer gleich, sie sind vom Achsdruck und vom Grad der Federung unabhängig. Die Unterschiede in der Senkung zwischen weichster und härtester Stütze betragen somit bei 20 t Achsdruck höchstens 1,2 mm, bei 25 t Achsdruck höchstens 1,5 mm. Die Versuche haben diese Rechnungsergebnisse auch bestätigt.

Unterschiede in den Federsenkungen von 1,5 mm sind aber im Betriebe nicht fühlbar. Es ist schon an

und für sich nicht möglich, ein Gleis auf einen Millimeter genau zu erbauen, überdies werden so kleine Unterschiede in den Federsenkungen noch durch die Steifheit der Schiene ausgeglichen, beim rasch fahrenden Zug hat das Rad gar nicht die Möglichkeit, sich so kleinen Unebenheiten anzupassen. Beim Querschwellenoberbau kommen ganz andere Senkungen der Schienen vor. Nimmt man die Bettungsziffer beim Querschwellenoberbau zwischen C=3 und C=9 an, je nachdem man Kies oder guten Schlägelschotter verwendet, so wird man wohl auch annehmen können, daß bei einem Oberbau, der im guten Schlägelschotter neu verlegt wurde (also C=9), schon nach einem etwa zweijährigen Betrieb einzelne Schwellengruppen weniger gut unterstopft sein werden und nach längerem Regen oder nach einer Frostperiode einige sogar recht lose sind. Würde man solch schlecht unterstopften Schwellen noch eine Bettungsziffer von C=3 zuerkennen, so ergeben sich Unterschiede in den Schwellensenkungen von etwa 300%. Auch hier gleicht die steife Schiene aus, Unterschiede von 300 und vielleicht auch von 200% in der Senkung einzelner Schwellen wird aber der Betrieb bereits fühlen, wogegen man Unterschiede in der Federung von etwa 30% nicht fühlen kann.

Mit diesen Darlegungen will ich nur aufgezeigt haben, daß es bei der Bestellung der Schraubenfedern nicht zwingend notwendig ist, größere Genauigkeiten im Elastizitätsgrad zu verlangen, falls damit größere Herstellungskosten verbunden sind. Ist eine größere Gleichmäßigkeit möglich ohne Mehrkosten, so wird man sie selbstverständlich anstreben.

c) Die Baudurchführung.

Die Baudurchführung zerfällt in die Vorarbeiten, das sind jene Vorbereitungen, die vor Beginn der Sperrung des Gleises durchgeführt werden können und in den eigentlichen Bau der Strecke.

Zu den Vorarbeiten gehört die genaue Absteckung des Gleises hinsichtlich Richtung und Höhe, die Herbeischaffung der Baustoffe und die teilweise Entfernung der alten Schotterbettung. Das Mauerwerk des neuen Oberbaues verdrängt ungefähr 1 m³ Massen für den laufenden Meter, es kann daher jener Schotter, der ausgeräumt werden kann, vor Beginn der Gleissperre gänzlich aus der Bahn entfernt werden. Erfolgt die Ausführung des Stützenmauerwerkes mit abseits der Bahn hergestellten Quadern, so muß die Beistellung der Unterlegplatten samt Bolzen rechtzeitig erfolgen, um wenigstens einen Teil der Quader im Zeitpunkt des Beginnes der Gleissperrung an Ort und Stelle zu haben.

Die erste Arbeit nach Abtragung des Gleises ist die Herstellung des Fundamentaushubes und die Mauerung des Fundamentes. Bei der Versuchsstrecke ist das Mauerwerk nach Abb. 15 und 16 der Taf. 29 gebildet, es besteht daher aus einem 70 cm breiten Fundament und einem 60 cm breiten aufgehenden Mauerwerk. Diese Verschiedenheit in der Breite der Mauerteile hat, wie bereits erwähnt, den Vorteil, daß man beim Fundamentmauerwerk nicht auf Millimeter zu arbeiten braucht, weil es ziemlich gleichgültig ist, ob die Quader, die sich genau nach der Schiene richten, 1 oder 2 cm von der Fundamentachse seitlich abweichen. Selbst bei Gleisen im Bogen wird sich das Fundamentmauerwerk nur nach der Bogenachse richten müssen, zur Herstellung der erforderlichen Spurerweiterung können die Quader auf dem 5 cm breiten Fundamentabsatz verschoben werden. Bei der Höhenlage des Fundamentmauerwerkes kommt es ebenfalls nicht auf Millimeter an, es hat nur die Oberfläche des Fundamentmauerwerkes ungefähr 2 cm unter der Unterkante des Quaders zu bleiben, eine andere Forderung ist nicht zu stellen.

Die Millimeterarbeit beginnt erst beim Verlegen der Schienen und beim Versetzen der Quader samt Federn. Die Spurweite ist durch die Querverbindungen gegeben, nicht durch die Stützen; sind die Querverbindungen richtig, so ist die Spur richtig, die Stützen richten sich nach den Schienen und nicht umgekehrt. Es kommt also vorerst darauf an, den Gleisrahmen in die richtige Lage zu bringen. Dies ist beim Versuchsoberbau in Absdorf-Hippersdorf dadurch geschehen, daß in Abständen von 4 bis 5 m starke Querhölzer (alte Weichenhölzer oder Brückenhölzer) quer unter die zu verlegenden Schienen gelegt wurden, die die Bestimmung hatten, den Gleisrahmen während der Ausführung des Stützenmauerwerkes zu tragen. Die Querhölzer müssen zu diesem Zweck in den freien Raum zwischen zwei



Abb. 8. Bau der Versuchsstrecke Oktober 1928.

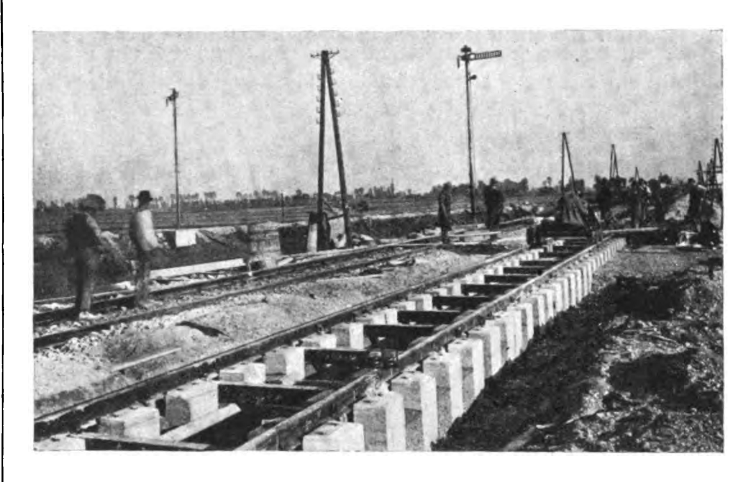


Abb. 9. Bau der Versuchsstrecke Oktober 1928.

Stützen kommen und an den beiden Enden ein festes Auflager durch eingeschlagene Pflöcke erhalten, damit sie während des Baues in ihrer Lage festbleiben und das Gleis tragen können. Auf diesen Querhölzern wurde der Gleisrahmen aufgelegt und durch dünne Holzblättchen in die richtige Höhen- und Seitenlagen gebracht; es ist angezeigt, die Schienen an den Querhölzern anzunageln, damit sie bei der Heranbringung der Stützen nicht unabsichtlich gehoben werden und dadurch wieder die richtige Höhenlage verlieren. Von der richtigen Lage des Gleisrahmens hängt die richtige Lage des Gleises ab.

Hierauf wurden die Quadern plangemäß aufgeteilt und lose auf das Fundamentmauerwerk gesetzt. Dann wurden je zwei genau gleich hohe Federn mit den Schutzhülsen versehen und in jede Stütze untergebracht: ob die Federn der Nachbarstützen höher oder niedriger sind, ist gleich, wenn nur die Doppelfedern gleichhoch sind. Die losen Quader, die vorerst noch etwa 2 cm tiefer liegen als es ihrer endgültigen Lage

entspricht, wurden nun Stück für Stück gehoben und an die Schienen herangebracht, bis die Federn fest ansaßen. In dieser nunmehr richtigen Lage wurden die Quader unten an den vier Ecken mit kleinen Keilen festgelegt. Ein zu festes Anziehen der Keile ist zu vermeiden, um die Schienen nicht von ihrem Lager abzuheben. Der schmale Zwischenraum zwischen der Quaderunterkante und der Oberfläche des Fundamentmauerwerkes wurde hierauf sofort mit schnell bindendem Zementmörtel fest ausgefüllt.

Für die Verankerungen mit ihren Verbindungseisen und für die Zugeisen der Vorrichtungen gegen das Abheben der Schienen wurden bereits im Fundamentmauerwerk Aussparungen gelassen. Nach der endgültigen Verlegung der Quader wurden die Verankerungslaschen an den Schienen befestigt,

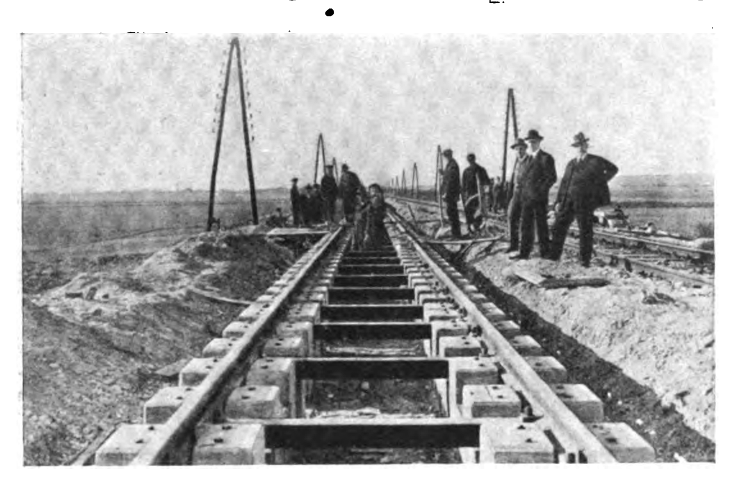


Abb. 10. Bau der Versuchsstrecke Oktober 1928.

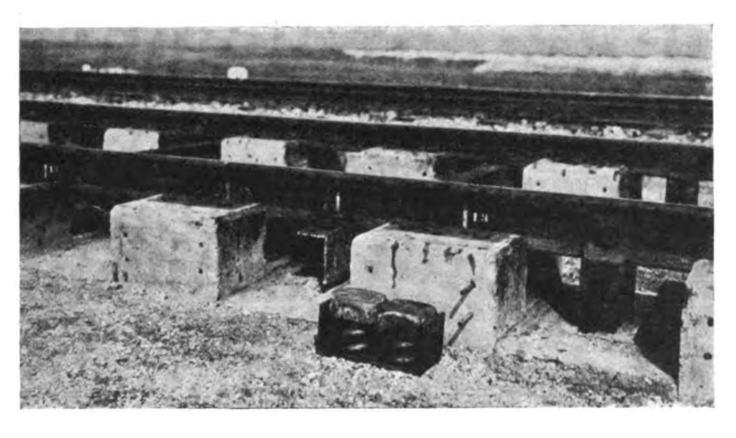


Abb. 11. Versuchsstrecke bei Absdorf-Hippersdorf. Stütze mit herausgenommener Doppelfeder.

die Verankerungen vorerst lose angebracht und schließlich die Führungseisen und Verbindungseisen mit schnell bindendem Zement einbetoniert. Die richtige Versetzung der Verankerungen machte nicht geringe Sorge, weil sich die Schiene, die erst durch die Verankerungen in der richtigen Lage festgehalten wird, infolge der täglichen und stündlichen Temperaturunterschiede doch um einige Millimeter bewegen konnte, daher die Befürchtung bestand, daß der die Führungseisen umschließende Beton nicht gut abbinden könnte. Die Besorgnis war aber unbegründet, die Führungseisen saßen am nächsten Tag fest. Für das Zwischenmauerwerk wurde überall dort, wo es die Verankerungen und Zugeisen aufzunehmen hat, schnell bindender Zement verwendet, an den anderen Stellen gewöhnlicher Portlandzement.

Von den 296 Stützen der Versuchsstrecke wurden 274 in der vorgenannten Weise mit Fundamentplatte, Betoneisenquader und Zwischenmauerung ausgeführt, 22 Stützen wurden nach einem Vorschlag der Bauführung an Ort und Stelle in einem Stück hergestellt. Zu diesem Zwecke wurde anstatt der Haftbolzen wieder auf die Schrauben zurückgegriffen, die nunmehr die Form eines unter die U-Platte greifenden Bügels erhielten, so daß zwei einander gegenüberliegende Schrauben nunmehr einen bügelartig gebogenen Rundstab mit zwei Schraubengewinden bildeten. An den beiden Bügeln einer U-Platte, die mit einer Hilfsvorrichtung samt den Federn an die in der richtigen Lage liegende Schiene herangebracht wurde, wurde ein Drahtgerippe befestigt, das der Form der oben 60 cm breiten und unten 70 cm breiten Stützenmauer entsprach und die Armierung des Mauerwerkes bildete. Eine sehr leicht anbringbare kräftige Verschalung zur Einbringung des Betons vervollständigte die Konstruktion. Auch hier waren



Abb. 12. Die Versuchsstrecke bei Absdorf-Hippersdorf mit dem Federnoberbau Bauart Wirth.

gewisse Besorgnisse wegen der Bewegungen der Schiene während des Abbindens des Betons und wegen des Schwindens des immerhin 70 bis 80 cm hohen in einem Stück hergestellten Betonkörpers vorhanden; diese Schwierigkeiten wurden jedoch gut überwunden.

Bei der Verlegung des Oberbaues bildete auch die Wahl der Größe der Stoßlücke Gegenstand eingehender Erwägungen. Beim Federnoberbau ist die Schiene in der Schienenmitte durch die kräftigen Verankerungen gegen Längsverschiebungen festgehalten: von der Schienenmitte aus können sich die Schienenenden entsprechend der auf sie einwirkenden Temperatur bewegen, soferne sie nicht durch die Reibung des Schienenfußes an den Wänden der Unterlegplatten am Ausdehnen oder Zusammenziehen behindert sind. Sind bei großer Hitze die Wärmelücken geschlossen, so kann beim Federnoberbau mit festen Stützen die Schiene seitlich nicht ausweichen. Um allzu große Spannungen in der Schiene zu vermeiden, wurde die Stoßlücke der 20 m langen Schiene bei der damals herrschenden Temperatur von 10 bis 12° Wärme mit 5 bis 7 mm angeordnet. Es ist kein Grund vorhanden, beim Oberbau auf Federn die Stoßlücke allzu ängstlich zu vermeiden, weil bei der elastischen Lagerung der Schienenenden die Stoßwirkung der Räder auch bei größeren Stoßlücken stark gemildert wird.

Im Zusammenhang mit der Wahl der Stoßlücke muß ich auch auf die Frage der Notwendigkeit der Vorrichtungen gegen das Abheben der Schienen zurückkommen. Ich habe in meiner ersten Abhandlung im „Organ“ 1927 auf Seite 199 meine Anschauung über die Notwendigkeit der Vorrichtungen zur Verhinderung des Abhebens der Schienen dahin dargelegt, daß ich diese Vorrichtung nicht für notwendig halte, um ein böswilliges Abheben des Gleises unmöglich zu machen und auch nicht für notwendig, um ein Abheben der Schiene vor dem ersten Rad einer Lastgruppe zu verhindern. Offen ließ ich nur die Frage, ob beim Oberbau auf den vollkommen elastischen Schraubenfedern die Vorrichtung nicht

doch notwendig sei, um ein störendes Abheben (Aufschnellen) der Schiene bei plötzlicher Entlastung zu verhindern, vertrat aber persönlich die Anschauung, daß ein solches Abheben aller Voraussicht nach nicht eintreten wird. Ich habe mit diesen Darlegungen Recht behalten, die Vorrichtungen gegen das Abheben sind, wie die Versuchsergebnisse deutlich zeigten, aus all den vorerwähnten Ursachen nicht notwendig, beim Versuchsoberbau sind diese Vorrichtungen so eingestellt worden, daß ein Abheben der Schienen von 1,5 bis 2 mm ohne weiteres möglich ist, damit die Biegelinie der Schiene ungestört verlaufen kann. Ich trete aber trotzdem dafür ein, einige Vorrichtungen gegen das Abheben der Schiene anzuordnen, weil das Verhalten der Schienen bei geschlossenen Wärmelücken (oder bei verschweißten Schienen) noch unbekannt ist und bis zur Klärung dieses Verhaltens eine Sicherheit gegen das Aufsteigen der Schienen bei großer Hitze gegeben sein muß. Die Stoßlücken am Versuchsgleis werden bei großer Kälte und großer Wärme genau beobachtet und gemessen werden.

Im Mauerwerk wurden im Abstand von 10 m Stoßfugen angeordnet und mit einer doppelten Lage von Dachpappe ausgefüllt. Die Stoßfugen gehen durch das Fundamentmauerwerk und durch die Zwischenmauerung hindurch. Ob die künstliche Unterteilung der Stützenmauern in einzelne Abschnitte angezeigt ist, ist vorläufig wohl schwer zu entscheiden, wahrscheinlich wird sich die Notwendigkeit nach dem Untergrund richten müssen: bei gewachsenem Boden wird man auf die Stoßfugen wahrscheinlich verzichten können. Außer den einbetonierten 2000 mm langen Quer-Verbindungseisen der Verankerungen, die die beiden Stützenmauern an drei Stellen nahe der Schienenmitte fest verbinden, sind am Ende jedes durch die Stoßfugen gebildeten 10 m-Stückes die beiden Fundamente der Längsmauern noch durch einbetonierte Schienenstücke aus Altschienen untereinander quer verbunden worden.

Für die Quaderherstellung wurde unter Verwendung von Portlandzement Beton im Mischungsverhältnis 1:4, für die Fundamentplatte und das Füllmauerwerk zwischen den Quadern ebenfalls Portlandzement (1:6) und für die Untermauerung der Quader und die Einbetonierung der Verankerungen und Festhaltevorrichtungen unter Anwendung schnellbindenden Zements Beton im Mischungsverhältnis 1:3 verwendet.

Die Durchführung des Baues der Versuchsstrecke oblag der Streckenleitung Wien Franz Josefsbahn (Bundesbahndirektion Wien Nordost), die armierten Betonquader wurden von der Streckenleitung Wien West (Bundesbahndirektion Wien Südwest) hergestellt. Die Berechnung und Ausführung der Schraubenfedern erfolgte durch die Gebr. Böhler & Co. A.-G. Wien, alle übrigen Eisenteile hat die Österr. Alpine Montangesellschaft Wien vollkommen plangemäß geliefert.

d) Die Beobachtungen am Versuchsgleis.

1. Die Senkungen der Schiene unter Ruhelast.

(Hierzu Taf. 31).

Zur Messung der Senkung der Schiene unter Ruhelast wurden, wie beim Vorversuch, an einer größeren Anzahl von Schienen am Schienensteg über jeder Stütze Papierstreifchen mit Millimetereinteilung angeklebt, an der Oberfläche der Unterlegplatten wurden Blechzeiger angelötet, deren Spitze in eine Nadel auslief, die auf die Millimetereinteilung am Schienensteg hinwies. Die Senkungen, die man mit einem Vergrößerungsglas auf Zehntelmillimeter ablesen konnte, sind die Senkungen der Schiene gegenüber den Stützen.

Auf Taf. 31 sind die Senkungen der linken Schiene unter Ruhelast gegenüber dem Stützenmauerwerk für ein Gleisstück von etwa 30 m des Versuchsoberbaues eingezeichnet. Die verwendete Lokomotive ist eine 2 D-Schnellzuglokomotive der Reihe 113 der Österreichischen Bundesbahnen mit Tender der Reihe 85 mit den in der Tafel angegebenen Raddrücken und Radabständen. Die Lokomotive wurde immer um zwei Stützen weiter vorgeschoben und mit dem ersten Rad über eine Stütze gestellt. Die Senkungslinien der linken und rechten Schienen verliefen ganz ähnlich.

Wie im Vorversuch ist auch hier die Gleichmäßigkeit der Schienensenkungen festzustellen, weiters ist ersichtlich, daß das Abheben der Schienen unter der Einwirkung der ruhenden Last in ganz ähnlicher Weise wie beim Querschwellenoberbau nur vor dem ersten und hinter dem letzten Rad einer Radgruppe erfolgt und nirgends das Maß von 0,5 mm übersteigt. Durch diese Beobachtungen werden somit die Beobachtungen des Vorversuches bestätigt.

Beachtenswert sind die Senkungen der Schiene über den Stützen 55/56 und 1/2, das ist am Schienenstoß. Bei allen Laststellungen sind die Senkungen am Schienenstoß kleiner als an einer anderen Stütze, dies kommt von der engen Aneinanderreihung der Stützen am Schienenstoß (Stützenabstand 40 cm gegenüber 73 cm), von der Verwendung etwas härterer Federn am Stoß (0,9 mm/1000 kg gegenüber 1,0 mm/1000 kg) und wohl auch von der gutsitzenden neuen, 780 cm langen Stoßlasche. Wie gut die Stoßlasche die Senkungen des einen Schienenendes auf das andere überträgt, ersieht man aus Laststellung 55/56, erstes Rad am abgebenden Schienenende, bei welcher Stellung die aufnehmende Schiene gänzlich unbelastet ist. Der Schienenstoß ist also — absichtlich — etwas härter, d. h. weniger nachgiebig angeordnet worden.

Über den Grad der Gleichmäßigkeit der Schienensenkungen gibt die Taf. 31 recht gute Aufschlüsse, wenn man sämtliche Senkungen unter einer bestimmten Ruhestellung der Lokomotive zusammenzählt. Wenn eine Lokomotive auf einem Gleisstück steht, so gibt die Summe aller Schienensenkungen ein Maß für sämtliche Federnzusammenpressungen, allerdings vermehrt um das Ausmaß der vernichteten Hohlräume. Bei einer anderen Stellung der Lokomotive müßte die Summe aller Schienensenkungen, wenn schon nicht gleich, so doch ähnlich sein. In der Tafel sind sämtliche Räder der Lokomotive und des Tenders bei den Laststellungen 15/16 bis 31/32 auf dem beobachteten Gleisstück. Addiert man die Schienensenkungen derselben Senkungslinie bei den vorgenannten Laststellungen, so erhält man

für die linke Schiene 66,8, 66,5, 66,9, 65,7 und 66,6 mm,
für die rechte Schiene 62,9, 64,1, 63,0, 62,7 und 65,5 mm.

Die Raddrücke links sind größer als rechts, daher auch links die größeren Senkungen. Die Abweichungen der größten und der kleinsten Werte derselben Schiene betragen nicht mehr als 4%.

2. Die Senkungen der Schiene unter bewegter Last.

(Hierzu Taf. 32, Abb. 1 bis 13.)

Zur Messung der Schienensenkungen unter bewegter Last hat der Oberbaurat und Vorstand der Heizhausleitung Wien-Franz-Josefsbahn Ing. Adolf Wettl eine Meßvorrichtung hergestellt, die im wesentlichen aus einem ungleicharmigen Hebel besteht, dessen kürzerer Arm am Schienenfuß befestigt und dessen längerer Arm mit einem Bleistift versehen ist. Dieser Bleistift zeichnet in vergrößertem Maßstab eine Schaulinie der Schwankungen der Schiene auf einen Papierstreifen, der mittels eines Uhrwerkes fortbewegt wird. Die Drehungsachse des Hebels ist an einer Metallplatte befestigt, die an den beiden benachbarten Stützquadern angebracht wird. Die Schaulinien zeigen somit die elastische Senkung der

Schienegegenüber den beiden benachbarten Schienenstützen an. Die geringen Bewegungen der Stützenmauer im Untergrund und die Schwankungen des Untergrundes selbst kommen also zu den aufgezeichneten Bewegungen noch hinzu.

Es ist mir bekannt, daß die Anschauung vorherrscht, daß es keine Hebelvorrichtung geben kann, die Schienenschwankungen bei großen Fahrgeschwindigkeiten richtig aufnimmt. Bereits Wasiutynski beschreibt im „Organ" 1899, Seite 294 mit ähnlichen Worten, wie ich sie bei der Beschreibung des Wettlschen Meßapparates gebraucht habe, die Meßvorrichtungen von Flamache, Coüard und Stecewicz und bemerkt hierzu: „All diese Vorrichtungen zeichnen sich durch scharfsinnig durchdachte Einzelheiten aus. Leider sind sie aber nicht frei von Mängeln, welche jeder Kraftübertragung mehr oder minder eigen sind und durch die Trägheit, durch den Einfluß der Wärmeänderungen, durch toten Gang und dergl. verursacht werden. Zum Zwecke der Beseitigung der Fehler, welche durch die obgenannten Umstände, die verspätete Aufzeichnung der Erscheinungen und andere Ursachen entstehen, werden nachträglich Berichtigungen vorgenommen und die Schaulinien werden nach einem für jede Ordinate besonders festzustellenden Maßstab umgezeichnet. Es ist aber einleuchtend, daß auch die am gewissenhaftesten vorgenommenen Berichtigungen nicht imstande sind, alle Fehler in den Angaben der erwähnten Vorrichtungen zu beseitigen."

Wasiutynski verwirft also die mechanischen Meßvorrichtungen und geht ebenso wie sein Vorgänger Ast auf das (leider sehr verwickelte und kostspielige) photographische Meßverfahren über. Diese Anschauungen Asts und Wasiutynskis, die damals vor 30 Jahren begründet gewesen sein mochten, weil diesen Forschern kein brauchbarer Hebelapparat zur Verfügung gestanden ist, sind aber leider mit der Zeit so Gemeingut geworden, daß jeder Meßvorrichtung die nicht mit dem Lichtstrahl, sondern mit wirklichen Hebeln arbeitet, im vorhinein die Berechtigung abgesprochen wird.

Die zahlreichen Beobachtungen über die Schienensenkungen am Federnoberbau in Absdorf-Hippersdorf, die mit der Wettlschen Meßvorrichtung aufgenommen wurden, sprechen aber dafür, daß diese Meßvorrichtung vollkommen richtige Bilder gibt: Die Schaubilder zeigen vollkommen geschlossene Linien, die Hebelarme sind zu kurz, um merkbare Eigenschwingungen zuzulassen, ein toter Gang scheint durch die besonders sinnreiche Art der Führung des Hebels nahezu ausgeschlossen. Der sicherste Beweis für die Richtigkeit der Meßvorrichtung ist aber der Vergleich mit den Senkungen, die ein am Schienenfuß angebrachter, also mit dem Schienenfuß fest verbundener Bleistift am gleichen Papierstreifen in natürlicher Größe aufzeichnet: die vom Hebel mit der Vergrößerung von z. B. 8,6:1 gezeichneten größten Ausschläge auf die natürliche Größe rückgerechnet, werden von den Ablesungen der unmittelbaren Messungen bestätigt. Selbstverständlich sind in den im Vergrößerungsverhältnis von 4:1, 6,1:1 und 8,6:1 gezeichneten Linien alle jene feinen Zwischenbewegungen der Schiene enthalten, die der Bleistift in natürlicher Größe nicht mehr aufzeigt. Ein weiterer Beweis für die Richtigkeit der Schaulinien liegt darin, daß sich bei Wiederholung zweier ähnlicher Meßvorgänge, ganz ähnlicher Bilder ergeben.

Wir müssen uns bei derartigen Messungen überhaupt erst darüber klar sein, was wir von einem Meßinstrument eigentlich wollen? Im vorliegenden Falle handelt es sich darum, den Verlauf der Senkungen der Schiene unter der rasch bewegten Last in einem deutlichen Bild festzulegen. Es handelt sich also um keinen Spannungsmesser bei dem vielleicht 0,02 mm eine Rolle spielen, sondern es entspricht vollkommen den Anforderungen, wenn wir den Verlauf der Senkungslinien auf 0,2 oder 0,3 mm genau erhalten; diese Genauigkeit ist aber bei der erwähnten Meßvorrichtung gewiß erreichbar.

Um einen Überblick über das Verhalten des Oberbaues der Versuchsstrecke unter den fahrenden Zügen zu geben, will ich die Art der Vornahme der Versuche kurz beschreiben und einige Senkungslinien, aufgenommen mit der vorgenannten Meßvorrichtung, darstellen.

Die ersten Erprobungen unter bewegter Last, wie die ersten Befahrungen des Versuchsgleises überhaupt, erfolgten 10 Tage nach Vollendung des Gleises am 26. Oktober 1928 mit der Lokomotive Reihe 113.14 und Tender Reihe 85.14, mit der auch die Beobachtungen unter Ruhelast vorgenommen wurden. Die Achsanordnung dieser Lokomotive samt Tender ist in Taf. 32, Abb. 11 zu ersehen. Mittels der Meßvorrichtung wurden die Fahrten mit V=20, 40, 60 und 80 km/Std. bei der Hebelübersetzung 4:1 aufgenommen (Abb. 1 bis 3). Die Vorbeibewegung des Papierstreifens, hervorgerufen durch das Uhrwerk, betrug ca. 3,7 cm in der Sekunde. Die Papierbewegung ist etwas zu langsam, die Bilder sind zu gedrängt. Später wurde das Uhrwerk auf Ablauf von 5 cm in der Sekunde umgebaut, dazwischen erfolgte probeweise das Vorüberziehen des Streifens von Hand. Auffallend war eine springende Bewegung, eigentlich eine Erschütterung des Zeichenstiftes bei der Aufzeichnung der Senkungen der ersten Tenderachse, die die ganze Kurve des Tenders beeinflußte, wogegen die Kurve der vorne befindlichen Lokomotive ruhig verlief. Diese Erscheinung trat bei den großen Geschwindigkeiten stärker auf als bei den kleineren, auch waren die aufgezeichneten größten Ausschläge unter dem ersten Tenderrad größer als bei der Lokomotive, nämlich bei den Fahrgeschwindigkeiten 20, 40, 60 und 80 km/Std., bei der Lokomotive 3,0, 3,1, 3,0, 3,0 mm, beim ersten Tenderrad 3,2, 3,6, 3,8, 3,8 mm.

Bei der aufsichtsbehördlichen Erprobung des Oberbaues am 3. November 1928 mit einem Versuchszug bestehend aus derselben Lokomotive, dem gleichen Tender und einer Reihe von Güterwagen mit dazwischen angeordneten vierachsigen Personenwagen, war wieder dasselbe Bild zu beobachten: bei V=10 km/Std. der größte Ausschlag bei Lokomotive 3,0 und Tender 3,1 mm, bei V=35: Lokomotive 3,0, Tender 3,4, bei V=84: Lokomotive 3,0, Tender 4,0 mm. Das Senkungsbild bei V=84 unter der Lokomotive 113.14, dem Tender 85.14, einem Dienstwagen und einem vierachsigen Personenwagen ist in Abb. 4 dargestellt. Der Übersetzungshebel war 6,1:1, der Papierstreifen wurde von Hand rasch vorübergezogen. Die verschiedenen Papiergeschwindigkeiten verändern natürlich das Bild hinsichtlich der Steilheit der Linien, ändern aber an den Größen der Ausschläge selbst nichts. Für gute Vergleiche soll die Papiergeschwindigkeit wohl immer dieselbe sein.

Die Erklärung für den großen Schlag der ersten Tenderräder ergab sich am Ende der Versuche: bei einer genauen Untersuchung der Räder des Tenders wurde am ersten Tenderrad eine lange Flachstelle vorgefunden. Die Lokomotive und der Tender, mit denen die Versuchsfahrten gemacht wurden, waren dem Verkehr bereits entzogen gewesen und für die Hauptausbesserung bestimmt. An einem der darauffolgenden Tage wurde in der Werkstätte die unrunde Stelle am ersten Tenderrad genau aufgenommen. Es war nun natürlich von größter Wichtigkeit zu erfahren, ob tatsächlich das unrunde Rad des Tenders 85.14 die Erschütterungen und großen Ausschläge verursacht hat, die das Meßwerkzeug bei den Beobachtungen vom 26. Oktober und 3. November aufzeichnete. Es wurden daher am 8. November die Versuche mit einer anderen Lokomotive der Reihe 113 und einem anderen Tender der Reihe 85, die vorher genau untersucht waren, wiederholt. Die Achsdrücke dieser Lokomotive waren etwas höher als jene der Lokomotive 113.14. Die Kurven unter dem Tender

verliefen tatsächlich ruhig (Abb. 5), die Ausschläge waren kleiner als die unter der Lokomotive, genau den kleineren Achsdrücken entsprechend. Es waren also die auffallend großen Ausschläge unter dem Rad des Tenders 85,14 nur den unrunden Rädern zuzuschreiben.

Weil es gewiß interessant ist zu wissen, welche Größe so eine unrunde Stelle im Rad hat, die bereits Ausschläge von 4 mm gegenüber 3 mm bei guten Rädern gibt, ist die genaue Aufnahme des Rades in Abb. 13 dargestellt. Die Vertiefungen im Rad betrugen also nur 44,5 — 43,3 = 1,2 mm. Diese verhältnismäßig geringe Unebenheit genügte, um bei einer Fahrgeschwindigkeit von 84 km/Std. eine 30%ige Vergrößerung der Schienensenkung (dynamische Einwirkung) gegenüber der Ruhelast, aber auch gegenüber der bewegten Last (V = 90 km/Std.) bei runden Rädern, hervorzurufen.

Am 8. November wurde die Meßvorrichtung auch im gegenüberliegenden Querschwellengleis II (Schiene A, Schwellen in Schlägelschotter, Neulage 1927), auf dem sich der Verkehr damals ausschließlich abwickelte, angebracht. Beim Querschwellenoberbau ist die Anbringung einer derartigen Meßvorrichtung eine schwierige, weil das Schotterbett zwischen zwei Schwellen zum Teil ausgeräumt werden muß, dies ändert auch das wirkliche Bild des Verhaltens der Schwellen in der Bettung. Trotzdem ergaben sich geschlossene Schaulinien, von denen eine dargestellt ist (Abb. 6), die unter dem gleichen, ebenfalls mit etwa 80 km fahrenden Zug aufgenommen wurde, der auf dem Federnoberbau die Schaulinie (Abb. 5) aufzeigte. Diese und andere Fahrten am Querschwellengleis gaben Gelegenheit zu interessanten Vergleichen zwischen dem elastischen Verhalten der Schienen am Federnoberbau und am Querschwellenoberbau. Hervorzuheben wäre, daß die Schienensenkungen an einem Querschwellenoberbau, der seit einem Jahr im Betrieb ist, schon erheblich größer sind als bei einem vollkommen neuen Querschwellenoberbau (vergl. die Ergebnisse des Vorversuches), da die Senkungen unter den großen Lasten den Senkungen am Federnoberbau (mit der Federung von 1,0 bis 1,1 mm/1000 kg der Einzelfeder) bereits gleichkommen und die Schienensenkungen unter den kleinen Lasten sogar viel größer sind als die des Federnoberbaues.

Die großen Schienensenkungen am Querschwellenoberbau möchte ich auf das Vorhandensein von Hohlräumen zurückführen, die zwischen Schiene und Schwelle und zwischen Schwelle und Bettung im Betriebe entstehen. Diese Hohlräume vergrößern die Schienensenkungen um ein Maß, das für große und kleine Lasten gleich ist, darum sind die gemessenen Schienensenkungen unter den kleinen Lasten so verhältnismäßig groß. Die wirklichen, rein elastischen Senkungen sind kleiner und auch angenähert proportional der Last.

Am 15. November 1928 wurde das Versuchsgleis dem Verkehr übergeben. Die Eisenbahnaufsichtsbehörde schrieb vorerst eine Höchstgeschwindigkeit von 60 km/Std. vor. Im Frühjahr 1929 erfolgte eine genaue Untersuchung des Oberbaues durch die Eisenbahnaufsichtsbehörde, die auf Grund des äußerst günstigen Untersuchungsergebnisses den Oberbau für die Fahrgeschwindigkeit von 70 km/Std. frei gab.

Am 6. Dezember fanden Versuchsfahrten mit einer neuerbauten Lokomotive Reihe 214,01, das ist einer Schnellzugslokomotive der Achsanordnung 1 - D - 2 statt, die wenn auch nicht hinsichtlich der Höhe ihrer Achsdrücke, so doch hinsichtlich des Gesamtgewichtes von 118 t eine der schwersten Lokomotiven Europas sein dürfte. Die Achsdrücke sind 14,6 + 17,5 + 17,5 + 17,7 + 17,7 + 16,5 + 16,5. Die Versuchsfahrten mit dieser Lokomotive und einem Tender der Reihe 85 mit angehängtem Dienstwagen und einem vierachsigen Personenwagen (Versuchszug 2, Abb. 12), erstreckten sich auf Fahrten mit V = 10, 30, 55 und 90 km/Std., jede Fahrt wurde zweimal gemacht: die Schaulinien der Fahrten mit gleicher Geschwindigkeit waren einander nahezu gleich, die größten Ausschläge traten bei obigen Geschwindigkeiten unter der vierten Triebachse der Lokomotive mit 3,8, 3,7, 3,9 und 3,7 mm auf, die Hebelvorrichtung war auf die Vergrößerung 6,1 : 1 eingestellt (Abb. 7 bis 9). Bei einer Probefahrt mit der Hebeleinstellung 8,6 : 1 konnte man an der Schaulinie das feine Erheben der Schiene genau ersehen (Abb. 10).

Bei allen vorgenommenen Beobachtungen am Federnoberbau hatte sich gezeigt, daß die Schienensenkungen unter bewegter Last nicht größer sind als die unter Ruhelast — sofern keine unrunden Räder auftreten. Man würde also einer Stoßzahl bei der Bestimmung der senkrechten Teilkräfte der Eisenbahnverkehrslasten nicht bedürfen, wenn nicht die Gefahr der unrunden Räder gegeben wäre und wohl auch die Gefahr der Unebenheiten im Gleis. Unebenheiten im Gleis waren an der Versuchsstrecke nicht vorhanden, unrunde Räder wurden aber in großer Menge festgestellt: selten in Schnellzügen und Personenzügen, sehr häufig aber an den Wagen der Güterzüge. Es ist nahezu kein Güterzug vorbeigefahren, an dem nicht einige Räder stoßartige Ausschläge hervorriefen, die von unrunden Rädern herrührten, in einem Falle war die Einwirkung des unrunden Rades eines Güterwagen doppelt so groß, als die Einwirkung des anderen Rades desselben Wagens. Als dieser Wagen dann im Bahnhof Absdorf-Hippersdorf untersucht wurde, konnte die unrunde Stelle sofort festgestellt werden. Die Wagen mit den unrunden Rädern gehörten sowohl in- wie ausländischen Bahnverwaltungen an. Nicht unwichtig ist die Frage, ob Wagen mit derartig unrunden Rädern im Verkehr zulässig sind? Die Dienstvorschriften der Österreichischen Bundesbahnen, die den internationalen Übereinkommen angepaßt sind, bestimmen über die Voraussetzungen für die Betriebsfähigkeit eines Wagens, daß „die Laufflächen flache Stellen von mehr als 5 mm Pfeilhöhe nicht aufweisen dürfen“. Man kann also nach den gegenwärtig geltenden Bestimmungen Fahrbetriebsmittel, die infolge unrunder Räder eine dynamische Einwirkung von 50 und wahrscheinlich auch von 100% der statischen Einwirkung hervorrufen, vom Verkehr nicht ausschließen.

Hervorzuheben wäre noch, daß bei allen diesen Fahrten wie überhaupt für den gegenwärtigen Betrieb die Vorrichtungen gegen das Abheben der Schienen so eingestellt wurden, daß ein Aufsteigen bis zu 2 mm zugelassen wird. Es ist aber nirgends, auch nicht bei 90 km/Std. Geschwindigkeit und Achsdrücken von 17,7 t, ein Aufsteigen der Schiene um mehr als 0,5 mm beobachtet worden und dieses nur vor dem ersten und hinter dem letzten Rad einer Radgruppe.

3. Die seitlichen Bewegungen der Schiene.

Die Pläne des Versuchsoberbaues werden gewiß die Überzeugung zulassen, daß dieser Oberbau gegen Seitenkräfte außerordentlich widerstandsfähig sein muß: der Oberbau ist ja — zum Unterschied von allen bisherigen Oberbauarten — ein Oberbau auf festen Stützen, bei denen die Stützen aus den kräftigen Unterlegplatten und dem Stützenmauerwerk bestehen, das im Untergrunde unverschiebbar eingebettet ist. Eher könnte man die Frage aufwerfen, ob der Oberbau gegen seitliche Kräfteeinwirkung nicht zu starr ist?

Um das Verhalten des Oberbaues des Versuchsgleises bei der Einwirkung von Seitenkräften zu erkennen, wird man sich am besten das System des eisernen Rahmens vor Augen halten, der von starren Seitenwänden geführt wird. Die

seitlichen Bewegungen der Schiene können nun die Bewegungen der Schiene innerhalb des Gleisrahmens sein, es kann sich aber auch der ganze Gleisrahmen seitlich verschieben. Ein elastisches Ausbiegen der Schienen des Rahmens, der aus den beiden Schienen und den im doppelten Stützenabstand am Schienenfuß angreifenden Querwinkeln besteht, ist durchaus möglich und auch nicht unerwünscht, sofern es innerhalb gewisser Grenzen bleibt. Es wurde die Einteilung der Querverbindungen absichtlich so gewählt, daß ein elastisches Nachgeben der Schienen möglich ist. Die Möglichkeit, dem Gleisrahmen selbst eine kleine Bewegungsfreiheit bei der Einwirkung großer Seitenkräfte zu geben, ist vorhanden, weil die Unterlegplatten um ungefähr 2 mm weiter sind als der Schienenfuß, im vorliegenden Falle 114 mm gegenüber der Fußbreite von 112 mm. Es wurde bei der Verlegung des Gleises erwogen, ob es nicht zweckmäßig wäre, die nach den richtig verlegten Schienen ausgerichteten Stützen so anzuordnen, daß die Unterlegplatte in ihrer Aufeinanderfolge abwechselnd am äußeren und am inneren Rande des Schienenfußes anliegen. Dadurch würde die Stützenweite des Gleisrahmens für die Seitenbelastungen angenähert gleich dem kleinsten Achsabstand der Betriebslasten werden. Bei der Verlegung des Oberbaues wurden jedoch die Stützen tunlichst symmetrisch zum Schienenfuß gebracht, in der Erwägung, daß sich die Schienen im Betriebe je nach der Abweichung von der mathematisch genauen Mittellinie auf die eine oder die andere Seitenwand der Unterlegplatte stützen und daß sich die Berührungsstellen, schon infolge der Dehnung der Schienen, immer wieder verschieben werden.

Die Beobachtung der seitlichen Bewegungen der Schiene am Versuchsgleis wurde vorläufig mit einer sehr einfachen Meßvorrichtung vorgenommen: es wurden außerhalb des Gleises zwei Pfähle in den Untergrund eingeschlagen, an denen hochkantig ein Brettchen befestigt wurde, das in Schienenhöhe bis nahe an den Schienenkopf heranreichte. Am inneren Ende des Brettchens wurde ein Blatt Papier angeheftet, das Papier war also an einer Vorrichtung angebracht, die weder mit der Schiene noch mit dem Mauerwerk in Verbindung stand. Am Schienenkopf wurde außen eine Fassung angelötet, die einen Bleistift mit federnder Spitze derart hielt, daß der Bleistift horizontal und parallel zum Schienenkopf lag und das Papier des Brettchens berührte. Die gleiche Vorrichtung wurde auch an der Außenseite der gegenüberliegenden Schiene angebracht. Die aufgezeichneten Striche waren also die übereinandergelegten Bilder aller Bewegungen des Schienenkopfes unter der Einwirkung sämtlicher vorbeigerollten Lasten. Die Bleistiftstriche zeigten z. B. nach Vorbeifahrt eines Güterzuges eine vertikal stehende 4 mm hohe dreieckähnliche Figur, die oben spitz, unten nach außen um etwa 0,8 mm verbreitert war. Der Schienenkopf hat sich also um höchstens 4 mm (Senkung und Hebung zusammen) vertikal bewegt, überdies wurde er im belasteten Zustande um etwa 0,8 mm nach außen gedrückt, nach Entlastung ist die Schiene immer wieder in die ursprüngliche Lage zurückgekehrt. Die Schienen des Gleisrahmens haben somit unter der Einwirkung der Seitenkräfte elastisch nachgegeben, eine Verschiebung des Gleisrahmens selbst ist nicht eingetreten. Die Beobachtungen werden in Bälde mit Vorrichtungen, die das Verhalten des Schienenkopfes und des Schienenfußes in vergrößertem Maßstab aufzeichnen sollen, fortgesetzt werden.

Zusammenfassend möchte ich das vorläufige Ergebnis der Untersuchungen und Beobachtungen etwa wie folgt darlegen:

1. Die Senkung der Schiene setzt sich zusammen aus dem elastischen Zusammenpressen der Federn, aus den elastischen Senkungen des Stützenmauerwerkes im Untergrund und des Untergrundes selbst und aus dem Verschwinden von Hohlräumen zwischen Schiene und Feder.

2. Die Senkungen der Einzelfedern können als proportional der Last angesehen werden. Bei Verwendung von Doppelfedern sind die Senkungen infolge der nicht vollkommenen Gleichheit zweier Federn unter kleineren Lasten im Verhältnis zur Einzellast etwas größer als unter großen Lasten.

3. Ein Erheben der Schienen über die Ruhelage hinaus wurde bei Ruhelast wie auch bei rasch bewegter Last nur vor dem ersten und hinter dem letzten Rad einer Radgruppe, und zwar bei den verwendeten Achsdrücken bis 17,7 t, nirgends über 0,5 mm festgestellt. In dieser Hinsicht verhält sich der Federnoberbau ähnlich dem Querschwellenoberbau.

4. Die Schienensenkungen unter bewegter Last sind nicht größer als die unter ruhender Last, sofern nicht unrunde Räder oder Unebenheiten im Gleis auftreten. Die Beobachtungen erstreckten sich hierbei auf Fahrgeschwindigkeiten bis 90 km/Std.

5. Ein Stoßzuschlag zu den Ruhelasten ist bei der Berechnung des Oberbaues notwendig, hinsichtlich der senkrechten Teilkräfte der Eisenbahnverkehrslasten aber nicht wegen der dynamischen Einflüsse der bewegten Lasten an sich, sondern wegen der Möglichkeit, daß unrunde Räder oder Unebenheiten im Gleis auftreten (Stoßlücken usw.). Welcher Anteil beim Federnoberbau davon auf den Unterbau, bei Brücken auf das Brückentragwerk kommt, in welchem Maße also die Federn die Stöße elastisch verarbeiten, wäre erst festzustellen.

6. Die beobachteten seitlichen Bewegungen des Schienenkopfes betrugen bei einer Reihe von Versuchen nicht mehr als 0,5 bis 1 mm. Bis zu diesen Maßen wurde jede der beiden lotrecht gestellten Schienen im belasteten Zustande bei großen Geschwindigkeiten nach außen gedrückt und sind nach Entlastung wieder in die ursprüngliche Lage zurückgekehrt.

7. Aus Vergleichsversuchen mit dem Querschwellenoberbau, vorgenommen unter den gleichen Lasten und mit der gleichen Meßvorrichtung gemessen, geht hervor, daß die Schaulinien der Schienensenkungen unter bewegter Last beim Federnoberbau ähnlich jenen eines gut erhaltenen Querschwellenoberbaues verlaufen, nur scheinen die Senkungslinien beim Federnoberbau abgerundeter und weniger steil einfallend als beim Querschwellenoberbau zu sein. Bei Verwendung von Doppelfedern mit der Federung der Einzelfeder von 1 mm/1000 kg sind die Schienensenkungen am Federnoberbau größer als die Schienensenkungen an einem neuen Oberbau derselben Schienenform auf Querschwellen im Schlägelschotterbett. Die Senkungen der Schiene am Federnoberbau erreichen hierbei unter Raddrücken von 9 t nirgends ein größeres Maß als 4 mm. Unter der Einwirkung des Betriebes vergrößern sich die Schienensenkungen am Querschwellenoberbau und werden schließlich größer als die Senkungen am Federnoberbau.

8. Die Ähnlichkeit der Schaulinien der Schienensenkungen eines neuverlegten Querschwellenoberbaues mit jenen des Oberbaues auf vollkommen elastischen Federn sind eine neuerliche Bestätigung hierfür, daß das Verhalten der Querschwellen im Schotterbett innerhalb gewisser Grenzen ebenfalls als ein vollkommen elastisches angesehen werden kann.

IV. Die Anpassungsfähigkeit des Federnoberbaues.

A. Die Größe der Elastizität des Gleises.

Beim Federnoberbau liegen die Grenzen hinsichtlich der Elastizität des Gleises nicht mehr im Gleis selbst, sondern ausschließlich in den Bedürfnissen des Betriebes. Die Federn können für jede Elastizität hergestellt werden, es ist auch kein Bestandteil im Gleis vorhanden, der der Federung Grenzen zieht. Es ist selbstverständlich, daß man das Gleis nicht elastischer machen wird, als es der Betrieb erfordert: Aber wo liegen diese Grenzen?

Maßgebend für die Entscheidung in dieser wichtigen Frage sind gewiß auch die Bedürfnisse des Zugförderungsdienstes. Ich habe mit Fachmännern des Zugförderungsdienstes in der Frage Fühlung genommen, welcher Grad an Elastizität für die Schonung der Lokomotiven und sonstigen Fahrbetriebsmittel, aber auch für den kleinsten Aufwand an Zugkraft wünschenswert ist. Bestimmte Antworten konnte ich hierüber nicht erhalten, die Meinungen sind verschieden, im allgemeinen erscheint der Mehrzahl wohl eine größere Elastizität als die des heutigen Gleises erwünscht. Die Frage ist aber auch nicht leicht zu beantworten, weil sie eigentlich noch kaum gestellt worden ist. Die Größe der Elastizität haben bis jetzt immer die Gleistechniker angegeben, aber auch nicht freiwillig, sondern aus dem Zwang der Verhältnisse heraus. Eine große Elastizität im Querschwellenoberbau erfordert ein nicht zu festes Schotterbett, bedeutet daher starke Beweglichkeit der Schwellen in der Bettung, damit aber eine Lockerung des Gleisgefüges und starke Abnützung der Befestigungsmittel. Wegen der Gefahr der Zerstörung des Gleisgefüges bei großen Achsdrücken wird in neuester Zeit auf die Verbesserung des Untergrundes und auf die Verdichtung der Schotterbettung gegriffen: nie ist aber die Elastizität des Querschwellengleises eine im vorhinein bestimmbare, frei gewählte Größe, sondern nur das Endergebnis des Abwehrkampfes der Gleistechniker gegenüber den Betriebstechnikern, die immer größere Lasten und größere Fahrgeschwindigkeiten bringen. Wahrscheinlich kommt es aber beim Oberbau auf offener Strecke nicht so sehr auf die Größe der Elastizität, als auf die Gleichmäßigkeit der Elastizität des Gleises an, und diese ist beim Federnoberbau im hohen Maße erreichbar. Beim Oberbau auf Brücken kommt es aber auf die Gleichmäßigkeit und auf die Größe der Elastizität an, weil es für die Brückenkonstruktion von Wichtigkeit ist, daß die von den Verkehrslasten ausgehenden Schlagwirkungen vom Oberbau elastisch verarbeitet werden.

Jedenfalls wäre es auch für die Erkenntnis des Querschwellenoberbaues von großem Werte zu wissen, welcher Grad an Federung vom Betriebsstandpunkte erwünscht ist.

Ich glaube, daß man diese Frage nicht rein theoretisch, sondern nur praktisch und theoretisch lösen kann und daß zur Ermöglichung dieser Lösung der Federnoberbau mit seiner gleichmäßigen von den Einflüssen der Witterung unabhängigen und genau bestimmbaren Elastizität besonders geeignet zu sein scheint. Ich würde den Vorschlag machen, eine größere Versuchsstrecke herzustellen, die aus drei mit verschieden elastischen Federn ausgerüsteten Strecken besteht: Ein Stück mindestens 1 km lang mit Doppelfedern von etwa 0,5 mm/1000 kg für die Einzelfeder, ein ebenso langes Stück mit der Federung von etwa 1,0 mm/1000 kg und eines mit der Federung von etwa 1,5 mm/kg. Bei einem Achsdruck von ungefähr 20 t und Schienen von 49 kg/m erscheinen mir die Federungen von 0,5 mm/1000 kg und 1,5 mm/1000 kg die unteren und die oberen Grenzwerte zu sein, dazwischen, vielleicht näher dem oberen Werte, dürfte die zweckmäßigste Elastizität liegen. Durch geeignete Messungen am Oberbau und an den Fahrzeugen wird man dann ein Bild von dem erhalten, was man anstreben soll. Gewiß kostet so eine 3 km lange Versuchsstrecke Geld, aber schließlich auch nicht mehr als ungefähr 9 km Gleis des heute üblichen Schweroberbaues auf Querschwellen, von dem jährlich hunderte Kilometer von den großen Eisenbahnverwaltungen verlegt werden.

An dieser Stelle möchte ich, ohne jedoch in Einzelheiten einzugehen, noch einen Gedanken bringen, der ebenfalls die Elastizität des Federngleises betrifft. Ich habe bei den Laboratoriumversuchen des Vorversuches Heiligenstadt die Erscheinung festgestellt, daß beim Zusammenwirken von Doppelfedern wegen der nie genau gleichen Höhe zweier Federn die Elastizität bei kleinen Drücken nicht mehr gleichmäßig ansteigt, sondern größer wird und daß erst bei großen Drücken die Zusammenpressung der Doppelfeder dem halben Maße einer Einzelfeder nahekommt. Ich habe dort auch erwähnt, daß mir diese Erscheinung nicht unerwünscht ist. Würde man diese unvermeidliche Erscheinung absichtlich etwas vergrößern dadurch, daß man zwei ungleich hohe Federn wählt, so könnte man bei ganz großen Achsdrücken die Einzelfedern verhältnismäßig hart bestellen und die Elastizität für die kleinen Drücke (das sind aber gerade die der Personenwagen) vergrößern. Bei ungleich hohen Federn, z. B. bei einem Höhenunterschied von 2 mm bei Federn von 0,8 mm/1000 kg der Einzelfeder spielt sich der Vorgang dann etwa wie folgt ab: zuerst wird die höhere Feder um 2 mm niedergedrückt; dies entspricht einem Stützendruck von 2,5 t. Von 2,5 t an wirken beide Federn gemeinsam und senken sich zusammen nur um 0,4 mm/1000 kg, so daß bei einem Stützendruck von 10 t, der einem Achsdruck von 25 t entspricht ($P = 0{,}54 \cdot 1{,}5 \cdot 12{,}5$), die Einsenkung der Feder selbst unter unrunden Rädern höchstens 5 mm betragen würde. Die Senkung der Feder unter dem Druck eines vierachsigen Personenwagens $\left(\frac{40}{4} = 10\,t \text{ Achsdruck } P = 0{,}54 \cdot 1{,}5 \cdot 5 = 4{,}0\,t\right)$ wäre dann etwa $2{,}0 + 0{,}6 = 2{,}6$ mm.

B. Die Anpassungsfähigkeit an die größten Achsdrücke und größten Fahrgeschwindigkeiten.

Beim Ansteigen der Achsdrücke spielen die Schiene, die Feder und das Stützenmauerwerk die größte Rolle, das Stützenmauerwerk auch hinsichtlich der zulässigen Belastung des Untergrundes.

Untersucht man den Federnoberbau von Absdorf-Hippersdorf in dieser Hinsicht, so zeigt sich, daß die angewendete Schiene von 44,35 kg/m den Achsdrücken von etwa 20 t entspricht, die Federung ist, wie bereits mehrfach dargelegt, ebenfalls diesen Achsdrücken angepaßt. Die Einwirkung der Betriebslasten bei den obigen Achsdrücken ist mit etwa 9 t für den laufenden Meter anzunehmen. Hiervon kommen auf eine Stützmauer die Hälfte, also 4,5 t/m; vermehrt um eine angenommene Stoßziffer von 1,5 ergibt dies 6,75 t. Das Eigengewicht der Mauer beträgt ungefähr 1 t/m. Der Druck, den die Mauerunterlagefläche auf den Untergrund ausübt, ist bei einer Mauerfläche von $100 \times 70 = 7000\ \text{cm}^2$, $\frac{7700}{7000} = 1{,}1\ \text{kg/cm}^2$.

Wäre z. B. ein Oberbau für den doppelten Achsdruck von 40 t herzustellen — solche Achsdrücke sind bei einigen amerikanischen Eisenbahnen nahezu erreicht — so könnte man eine Schiene von ungefähr 65 kg/m nehmen, die Federn könnten die Federung von etwa 0,6 mm/1000 kg der Einzelfeder erhalten, die beiden Fundamentmauern, die auch etwas in die Tiefe verstärkt werden müßten, würde man in einem Stück durchmauern, so daß man unten eine angenähert 220 cm

breite Platte erhält. Diese Platte würde auf den Untergrund einen Druck $\frac{2\times 13{,}5+3}{2200} = 1{,}4\ \mathrm{kg/cm^2}$ ausüben, also eine Belastung, die selbst ein Tonboden verträgt. Im übrigen ist es noch fraglich, ob die Stoßziffer mit 1,5 in Rechnung zu setzen ist, denn die zwischen Schiene und Stütze liegende Schraubenfeder ist ja dazu da, den Stoß abzuschwächen.

An dieser Stelle möchte ich einiges über die Kosten des Federnoberbaues anführen. Ich schätze die Gesamtkosten des Federnoberbaues in der dargestellten Ausführungsart mit etwa 200 österreichischen Schillingen (120 Reichsmark) für den Gleismeter. Kommt der Rückgewinn in Abrechnung, so ermäßigt sich dieser Preis. Der Preis von 200 S gilt aber nur für große Vergebungen, also für den Bau großer Strecken, Versuchsausführungen stellen sich natürlich höher, werden aber 300 S für den Gleismeter nicht übersteigen. Ein Oberbau von 40 t Achsdruck kostet nicht etwa das Doppelte von dem mit 20 t, sondern vielleicht nur um 30 bis 40% mehr, weil die härteren Federn nicht mehr kosten als die weichen und weil die übrigen Teile des Oberbaues nur angemessen zu verstärken sind. Daraus geht auch hervor, daß der Federnoberbau für große Achsdrücke wirtschaftlicher ist als für kleinere, die Grenze der Wirtschaftlichkeit mag vielleicht dort liegen, wo der Querschwellenoberbau infolge der erforderlichen engen Schwellenlage, der Art der Befestigungsmittel, der Stärke der Schotterbettung und der Kosten für die Dichtung der Schotterbettung und des Untergrundes bereits mehr als die Hälfte (etwa 60%) eines Federnoberbaues kostet. Die kleineren Erhaltungskosten des Federnoberbaues und die zweifellos geringeren Ausgaben für die Erhaltung der Fahrbetriebsmittel würden dann den übrigen Teil der erhöhten Anschaffungskosten rechtfertigen. Auf Brücken liegen die Verhältnisse anders, über die Wirtschaftlichkeit des Federnoberbaues auf Brücken habe ich im Abschnitt „Der Federnoberbau auf eisernen Brücken" bereits Genaueres angeführt.

Auch hinsichtlich der Fahrgeschwindigkeit kann sich der Federnoberbau den gegebenen Verhältnissen unbeschränkt anpassen. Die Stützendrücke bleiben von der Größe der Fahrgeschwindigkeit nahezu unberührt, damit auch die Federung und das Stützenmauerwerk, das im festgestampften Boden gegen seitliche Verschiebung reichlich gesichert ist. Die durch die großen Geschwindigkeiten hauptsächlich beanspruchten Teile sind die Querverbindungen und die Verankerungen und wohl auch die Unterlegplatten selbst. Die Verankerung kann man verstärken soweit man will, auch die Querverbindungen; ich würde aber nicht empfehlen, die Querverbindungen, die im Versuchsoberbau in jedem zweiten Feld angeordnet sind, zu vermehren, um doch den Schienen eine gewisse seitliche Elastizität zu belassen, sondern nur die Winkel der Querverbindungen zu verstärken und die Zahl der Eisenschrauben, die die Winkel am Schienenfuß festhalten, im Bedarfsfalle zu erhöhen.

Würde man einen Federnoberbau für eine Fahrgeschwindigkeit von 200 km/Std. herzustellen haben, so bestünde technisch kein Hindernis dagegen, es würde ein solcher Oberbau auch nicht viel mehr kosten als ein Oberbau für 100 km/Std.

Jedenfalls liegen beim Federnoberbau die Grenzen hinsichtlich der Größe der Achsdrücke und hinsichtlich der Größe der Fahrgeschwindigkeit nicht mehr im Oberbau, sondern nur mehr in den Bedürfnissen des Betriebes.

Rechnerische Untersuchung des Dr. Wirthschen Gleises auf Federn und festen Stützen.

Von Dr. techn. **Josef Schreier**, Oberbaurat der Österreichischen Bundesbahnen.

Aus der eingehenden Beschreibung des Gleises auf Federn und festen Stützen der vorstehenden Abhandlung ist zu ersehen, daß die Schienen dieses Oberbaues als Durchlaufträger auf elastisch nachgiebigen Stützen zu betrachten sind.

Die Berechnung läßt sich demnach unter Berücksichtigung der festen Lagerung der Federn mit Hilfe der durch die Elastizitätsverhältnisse gegebenen Stützensenkungen nach Clapeyron durchführen, insoweit es klargestellt ist, welche Stützen wirken.

Die Federn sind nämlich nur imstande, nach abwärts gerichtete Drücke aufzunehmen und treten außer Tätigkeit, wenn negative Auflagerdrücke entstehen. Unter Zulassung eines geringen Spieles der Abhebung von 2 mm sind deshab Niederhaltevorrichtungen eingebaut.

Es soll daher im nachfolgenden außer den auftretenden Momenten und Gegenkräften auch die Form der elastischen Linie untersucht und schließlich die Beanspruchung der Schienen und der Federstützen bestimmt werden, und zwar zunächst unter

Berücksichtigung der lotrechten Lasten.

Da die Untersuchung einfachheitshalber nicht unter Zugrundelegung von dynamischen, sondern von statischen Kräften durchgeführt werden soll, wurden Schwingungen und Stoßwirkungen durch Einführung erhöhter, ruhender Lasten berücksichtigt.

Als Ausmaß dieser Erhöhung wurde die im „Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw." 1927, Heft 10 und 11 von Dr. Wirth näher begründete Zahl 1,5 eingeführt.

Zugrundegelegt erscheint eine mit Schnellzügen befahrene, über 100 m lange Versuchsstrecke, deren bauliche Ausgestaltung aus vorstehender Abhandlung Dr. Wirths ersichtlich ist. Als Belastung kam die bei den Versuchsfahrten verwendete Lokomotive Reihe 113 mit Tender 85 (Abb. 1) in Betracht. Die verlegten, 20 m langen Schienen, ruhen auf je 28, mit Federpaaren versehenen Stützen auf, deren Doppelwirkung aber je in Einzelstützpunkten von $a = 73$ cm Entfernung zusammengefaßt gedacht wird.

Da Träger, die über mehr als sieben Stützen durchlaufen, sich hinsichtlich der Momente und Stützendrucke der Endfelder desgl. der Mittelfelder ziemlich übereinstimmend verhalten, wurde zunächst die Untersuchung für einen sechsfeldrigen Durchlaufträger vorgenommen. Hierbei kommt zur Vereinfachung der Berechnung sehr zustatten, daß die Lastabstände gleich den doppelten Stützpunktentfernungen eingeführt werden können, was etwas zu ungünstig erscheint, weil in der Regel die Achslasten in größeren Abständen als $2\times 73 = 146$ cm angeordnet sind. Einschließlich eines Zuschlags von 50 v. H. ergibt sich also für den größten Raddruck $P = 1{,}50 \cdot \frac{14{,}86}{2} = 11{,}145$ kg. Zur weiteren Vereinheitlichung wurde diese größte Last auch an Stelle der etwas kleineren Radlasten durchwegs in Rechnung gestellt.

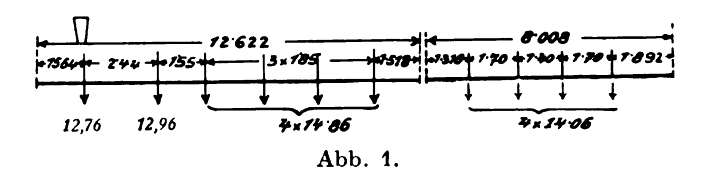


Abb. 1.

Um das Verhalten der Schienenenden hinsichtlich ihres Abhebens kennen zu lernen, wurden zunächst die Mittelfelder (Abb. 2) der Belastung unterworfen und gesondert untersucht,

inwiefern positive Stützendrücke auftreten. Hierauf wurden die Schienenenden (Abb. 3 bzw. 3a) für sich unter Berücksichtigung der Anschlußbedingungen in bezug auf ihr Abheben berechnet. Aus der nachfolgenden

Untersuchung des mittleren, belasteten Schienenteiles

zeigt sich, daß die äußersten Lasten noch ein Feld außerhalb des Lastenzuges mit beeinflussen, dessen beide Stützen noch Drücke aufweisen, während dessen Biegungslinie vermittels der Endtangente erkennen läßt, daß bei der nächsten Stütze bereits ein Abheben zu gewärtigen ist. Es wird deshalb die Einstellung der Einzellasten P inmitten des zweiten, des

Senkt sich eine Doppelfeder unter der Last von D kg um 1 cm, so ist im allgemeinen $y = \frac{T}{D}$, wenn T den Stützendruck darstellt. Nach Division durch a ergibt sich daher bei Einführung der Stützendrücke:

$$M_0+4M_1+M_2 = \frac{N}{a} + \frac{6EJ}{a^2}(2T_1 - T_0 - T_2),$$

$$M_1+4M_2+M_3 = \frac{N}{a} + \frac{6EJ}{a^2}(2T_2 - T_1 - T_3),$$

$$M_2+5M_3 = \frac{N}{a} + \frac{6EJ}{a^2}(T_3 - T_2).$$

Abb. 3. Abb. 2. Abb. 3a.

Abb. 5. Abb. 5a.

Abb. 4.

vierten und des sechsten Feldes vorgenommen (Abb. 2). Es gelten dann unter Berücksichtigung der einstweilen noch unbekannten Senkungen y_0, y_1, y_2 und y_3 der aufeinanderfolgenden Stützen im Hinblick auf die spiegelgleiche Anordnung die nachfolgenden Clapeyronschen Gleichungen I), wobei bekanntlich der von der Belastung abhängige Ausdruck N bei Lastabständen x je von der linken Nachbarstütze lautet: $N = -Px\frac{a^2-x^2}{a}$, was hier wegen $x = \frac{a}{2}$ zu $N = -\frac{3Pa^2}{8}$ wird. E bedeutet die Elastizitätszahl, J das Trägheitsmoment des Schienenquerschnittes.

Es ist dann wegen $l_1 = l_2 = l_3 = \ldots = l_6 = a$ und $M_4 = M_3$ sowie $y_4 = y_3$:

$$\left.\begin{aligned} M_0a+4M_1a+M_2a &= N+\frac{6EJ}{a}(2y_1-y_0-y_2),\\ M_1a+4M_2a+M_3a &= N+\frac{6EJ}{a}(2y_2-y_1-y_3),\\ M_2a+5M_3a &= N+\frac{6EJ}{a}(y_3-y_2). \end{aligned}\right\} \text{I)}$$

Da aber

$$\left.\begin{aligned} T_0 &= \frac{B}{2} + \frac{M_1}{a} - \frac{M_0}{a}, ^{*)}\\ T_1 &= \frac{P}{2} + \frac{-2M_1+M_2+M_0}{a},\\ T_2 &= \frac{P}{2} + \frac{-2M_2+M_3+M_1}{a},\\ T_3 &= \frac{P}{2} + \frac{-M_3+M_2}{a}, \end{aligned}\right\} \quad \ldots \text{II)}$$

ergibt sich durch Einsetzen dieser Werte in vorstehende Momentengleichungen und Bezeichnung von $\frac{N}{a} = K$ und (nach Zimmermann) von $\frac{6EJ}{a^3D} = \gamma$:

$$M_0+4M_1+M_2 = K+\gamma\left(3M_0-6M_1+4M_2-M_3+\frac{Pa}{2}-Ba\right),$$

*) B ist eine später eingeführte Zusatzlast in T_0.

$$M_1+4M_2+M_3=K+\gamma(-M_0+4M_1-6M_2+3M_3),$$
$$M_2+5M_3=K+\gamma(\qquad -M_1+3M_2-2M_3),$$

somit schließlich ähnlich der von Zimmermann für sechs Felder angegebenen allgemeinen Form:

$$\left.\begin{aligned}(1-3\gamma)M_0+(4+6\gamma)M_1+(1-4\gamma)M_2+\\ +\gamma M_3=K+\gamma a\left(\frac{P}{2}-B\right),\\ \gamma M_0+(1-4\gamma)M_1+(4+6\gamma)M_2+(1-3\gamma)M_3=K,\\ \gamma M_1+(1-3\gamma)M_2+(5+2\gamma)M_3=K.\end{aligned}\right\} \text{III)}$$

Setzt man in $K=\frac{N}{a}=-\frac{3\,Pa}{8}$ den Wert $P=11145$ kg und $a=73$ cm ein, so ist

$$K=-\frac{3\,.\,11{,}145\,.\,73}{8}=-305000 \text{ kgcm}.$$

Mit der Elastizitätszahl $E=2\,200\,000\,\text{kg/cm}^2$ für Stahl und dem Trägheitsmoment $J=1442\,\text{cm}^2$ für die Schienenform A der österreichischen Bundesbahnen, sowie mit der Last $D=20\,000$ kg zur Erzielung einer Stützensenkung von 1 cm (entsprechend der Zusammendrückung einer Feder von 1 mm unter 1 t) ergibt sich

$$\gamma=\frac{6\,EJ}{a^3\,D}=\frac{6\,.\,2\,200\,000\,.\,1442}{73^3\,.\,20\,000}=2{,}45.$$

Führt man obige Werte von K und γ, ferner eine später zu behandelnde Zusatzlast $B=360$ kg in die Gleichungsgruppe III) ein, so ergibt sich mit dem noch als Unbekannten zu rechnenden M_0

$$18{,}7\ M_1-\ 8{,}8\ M_2+2{,}45\,M_3=\ \ 627\,000+6{,}35\,M_0,$$
$$-8{,}8\ M_1+18{,}7\ M_2-6{,}35\,M_3=-305\,000-2{,}45\,M_0,$$
$$2{,}45\,M_1-\ 6{,}35\,M_2+9{,}90\,M_3=-305\,000,$$

woraus (mit Rechenschieber-Genauigkeit)

$$\left.\begin{aligned}M_1&=\ \ 31\,220+0{,}3545\,M_0,\\ M_2&=-18\,720+0{,}00722\,M_0,\\ M_3&=-50\,550-0{,}0830\,M_0,\end{aligned}\right\}\ \dots\ \text{IV)}$$

gefunden wird.

Durch Einsetzen dieser Momente in die Gleichungen II) bestimmen sich die Stützendrücke zu

$$\left.\begin{aligned}T_0&=\ \ 788-0{,}00884\,M_0,\\ T_1&=4460+0{,}00409\,M_0,\\ T_2&=5820+0{,}00352\,M_0,\\ T_3&=6008+0{,}00123\,M_0\end{aligned}\right\}\ \dots\dots\ \text{V)}$$

und gemäß $y=\frac{T}{D}=\frac{T}{20\,000}$ die Stützensenkungen

$$\left.\begin{aligned}y_0&=0{,}0425-442\,.\,10^{-9}\,M_0,\\ y_1&=0{,}223\ \ +205\,.\,10^{-9}\,M_0,\\ y_2&=0{,}291\ \ +176\,.\,10^{-9}\,M_0,\\ y_3&=0{,}300\ \ +\ \ 62\,.\,10^{-9}\,M_0.\end{aligned}\right\}\ \dots\ \text{VI)}$$

Wird das Schienenstück als ein an den Enden 0 wie 7 frei auflagernder Träger betrachtet, der durch die Radlasten nach abwärts und durch die Stützendrücke T_1 bis T_6 nach aufwärts gebogen wird, so ist nach Mohr der EJ-fache Neigungswinkel φ der Endtangenten der elastischen Linie durch den Auflagerdruck gegeben, welcher von der als Belastung betrachteten Momentenfläche herrührt. Wegen der spiegelgleichen Anlage ist dieser der halben Momentenfläche $\mathfrak{F}$ gleich. Hierin sind die von P beigetragenen Ordinaten

$$\mathfrak{M}=\frac{Pa}{2}=\frac{11\,145\,.\,73}{4}=203\,300 \text{ kgcm}.$$

Laut Abb. 4 ist

$$\mathfrak{F}=a\left(\frac{M_0}{2}+M_1+M_2+M_3+\frac{3}{4}\mathfrak{M}\right)$$

oder mit den Werten der Gleichungen IV) bei Teilung durch EJ

$$\varphi=\frac{\mathfrak{F}}{EJ}=\frac{a}{EJ}(114425+0{,}779\,M_0)=\frac{73(114425+0{,}779\,M_0)}{2\,200\,000\,.\,1442}=$$
$$=0{,}00263+17{,}94\,.\,10^{-9}\,.\,M_0\ \dots\dots\ \text{VII)}$$

Wirkt an den Enden 0 und 7 des Schienenstückes kein verspannendes Moment M_0 oder nur ein solches von geringer Größe, so erfährt laut Gleichung VI) auch noch die Stütze 0 (7) eine Senkung und es trifft die grundlegende Annahme der durchwegs gleichen Stützenabstände für die Rechnung zu.

Untersuchung der von Verkehrslast freien Schienenenden.

Unter dem Einfluß der Neigung φ der Endtangende der elastischen Linie kommt aber beiderseits in den Gleisstückfortsätzen das Bestreben des Abhebens zustande (Abb. 3 bzw. 3a), dem nur die bleibende Last des Gleises entgegenwirkt, die hier nicht mehr, wie in dem belasteten Schienenstück 0 bis 7, gegenüber der großen Verkehrslast vernachlässigt werden darf.

Nimmt man an, daß dieses Abheben auf eine Länge von $\lambda=\overline{2'0}$ sich erstrecke, so kann die Schiene als bei 2' wagrecht verlaufend und spannungslos betrachtet werden, so daß auch beim Durchschneiden bei 2' keine Änderung im Verlaufe der elastischen Linie eintritt.

Auch dieser Fall kann nach Clapeyron behandelt werden. Nimmt man nämlich zwischen 0 und 2' knapp neben 2' noch eine Stütze 1' an und läßt $\overline{1'2'}=\lambda'$ gegen Null zu abnehmen, so ist hierdurch bei 2' eine wagrechte Tangente der Biegungslinie bestimmt. Es gilt noch die Bedingung, daß sowohl bei 2' als auch bei 1' keine Momente wirken, also $M_2'=M_1'=0$ und daß bei 0 das noch unbekannte Anschlußmoment M_0 und die Senkung y_0 auftreten.

Man findet dann nach Clapeyron:

$$M_2'\lambda'+2M_1'(\lambda'+\lambda)+M_0\lambda=-\frac{1}{4}g(\lambda'^3+\lambda^3)-6\,EJ\frac{y_0}{\lambda}.$$

Da y_0 im Vergleich zu dem sich über mehrere Stützfelder erstreckenden λ sehr klein ist, kann von y_0 abgesehen werden. Weil aber auch $M_2'=M_1'=\lambda'=0$ verbleibt von obiger Gleichung:

$$M_0\lambda=-\frac{g\lambda^3}{4},\quad \text{oder}\quad M_0=-\frac{g\lambda^2}{4}\ \dots\ \text{VIII)}$$

Die Momentenlinie (Abb. 5 bzw. 5a) setzt sich aus einer Parabel mit der Pfeilhöhe $\mathfrak{M}'=\frac{g\lambda^2}{8}$ und einer Geraden mit den Ordinaten 0 bei 2' und $M_0=-\frac{g\lambda^2}{4}$ bei 0 zusammen. Erstere umschließt mit der Grundlinie eine Fläche

$$\mathfrak{F}'=\frac{2}{3}\mathfrak{M}'\lambda=\frac{2}{3}\frac{g\lambda^3}{8}=\frac{g\lambda^3}{12},$$

letztere eine solche

$$\mathfrak{F}''=\frac{M_0\lambda}{2}=-\frac{g\lambda^2}{4}\frac{\lambda}{2}=-\frac{g\lambda^3}{8}.$$

Hiervon ergeben sich die Beiträge zum Auflagerdruck der Momentenfläche als Belastung (nach Mohr)

$$\mathfrak{A}=\frac{\mathfrak{F}'}{2}+\frac{\mathfrak{F}''}{3}=\frac{g\lambda^3}{24}-\frac{g\lambda^3}{24}=0$$

(übereinstimmend mit der Annahme einer wagrechten Tangente bei 2') und

$$\mathfrak{B}=\frac{\mathfrak{F}'}{2}+\frac{2}{3}\mathfrak{F}''=g\lambda^3\left(\frac{1}{24}-\frac{1}{12}\right)=-\frac{g\lambda^3}{24},$$

somit

$$\beta=\frac{\mathfrak{B}}{EJ}=-\frac{g\lambda^3}{24\,EJ}\ \dots\dots\ \text{IX)}$$

Soll das Schienenstück $\overline{2'0}$ die Fortsetzung von 0, 1, 2... bilden, dann müssen die Werte M_0 der Gleichungen VII) und VIII) übereinstimmen und φ aus VII) wie β aus IX) einander entgegengesetzt gleich sein.

Es ist daher

$$\varphi=0{,}00263-17{,}94\,.\,10^{-9}\,.\,\frac{g}{4}\lambda^2=\frac{g\lambda^3}{24\,EJ}=-\beta.$$



Entfällt auf 1 m Schienenlänge das Oberbaugewicht von 56 kg, so ist $g = 0{,}56$ kg/cm und hiermit sowie nach Einsetzen der obigen Werte von E und J

$$0{,}00263 - 17{,}94 \cdot \frac{0{,}56}{4}\lambda^2 = \frac{0{,}56\,\lambda^3}{24 \cdot 2\,200\,000 \cdot 1442}$$

oder

$$0{,}00735\,\lambda^3 + 2{,}511\,\lambda^2 = 2\,630\,000,$$

aus welcher kubischen Gleichung

$$\lambda = 612 \text{ cm}$$

gefunden wird.

Daraus folgt laut Gleichung VIII):

$$M_0 = -\frac{g\,\lambda^2}{4} = -\frac{0{,}56 \cdot 612^2}{4} = -52\,400 \text{ kgcm},$$

was in die Gleichungen IV), V) und VI) eingesetzt liefert:

1. Die Momente an den Stützen in kgcm:

$$\left.\begin{array}{ll} M_0 = -52400, & M_2 = -19098, \\ M_1 = +12660, & M_3 = -46200. \end{array}\right\} \quad \ldots \quad \text{X)}$$

2. Die Stützendrücke in kg:

$$\left.\begin{array}{ll} T_0 = 1251, & T_2 = 5636, \\ T_1 = 4246, & T_3 = 5943, \end{array}\right\} \quad \ldots \quad \text{XI)}$$

deren Summe zur Überprüfung mit $\frac{3}{2}P + B = \frac{3}{2}\,11\,145 + 360 =$ $= 17\,077$ kg übereinstimmend gefunden wird.

3. Die Stützensenkungen in cm:

$$\left.\begin{array}{ll} y_0 = 0{,}06, & y_2 = 0{,}28, \\ y_1 = 0{,}21, & y_3 = 0{,}30. \end{array}\right\} \quad \ldots \quad \text{XII)}$$

Der Stützpunkt 2′ erfährt noch den Lagerdruck

$$A = \frac{g\,\lambda}{2} + \frac{M_0}{\lambda} = \frac{g\,\lambda}{2} - \frac{g\,\lambda}{4} = \frac{g\,\lambda}{4},$$

daher hat T_0 eine Zusatzlast

$$B = g\,\lambda - A = g\,\lambda - \frac{g\,\lambda}{4} = \frac{3}{4}\,g\,\lambda = \frac{3}{4}\,0{,}56 \cdot 612 = 257 \text{ kg}.$$

(Überschlägig wurde B bereits in T_0 mit 360 kg berücksichtigt.)

Von Wichtigkeit ist es noch, die größte Abhubhöhe die zwischen 0 und 2′ auftritt, kennen zu lernen.

Hierzu ist erforderlich, für die Momentenfläche als Belastung jenen Querschnitt ausfindig zu machen, wo die Querkraft Null wird, an welcher Stelle bekanntlich der Größt- bzw. Kleinstwert des Momentes und damit ein Größtwert der Durchbiegung auftritt.

Die Momentenfläche wird begrenzt einesteils von einer Parabel mit den auf die Senkrechte O V bzw. auf die Sehne O X bezogenen Koordinaten x und y_1 mit der Gleichung

$$y_1 = \frac{g\,x}{2}(\lambda - x)$$

und anderenteils durch eine auf dieselben Achsen bezogene Gerade mit der Gleichung

$$y_2 = \frac{g\,\lambda}{4}\,x.$$

Es ist daher die Querkraft für einen Querschnitt im Abstand ξ von 2′ wegen obigem $\mathfrak{A} = 0$

$$\mathfrak{Q} = \int_0^\xi y_1\,dx - \int_0^\xi y_2\,dx = \frac{g}{2}\int_0^\xi x(\lambda - x)\,dx - \frac{g\,\lambda}{4}\int_0^\xi x\,dx = 0,$$

woraus $\xi = \frac{3}{4}\lambda$ gefunden wird.

Das zugehörige Moment ist

$$\mu = \frac{g}{2}\int_0^\xi x(\lambda - x)(\xi - x)\,dx - \frac{g\,\lambda}{4}\int_0^\xi x(\xi - x)\,dx = \frac{g\,\xi^4}{72}$$

oder

$$\mu = \frac{g}{72}\left(\frac{3}{4}\lambda\right)^4 = \frac{9\,g\,\lambda^4}{2048}.$$

Es ist demnach mit obigem E und J die größte Abhebung: $\delta = \frac{\mu}{EJ} = \frac{9\,g\,\lambda^4}{2\,200\,000 \cdot 1442}$. Nach Einsetzen von g, λ, E und J ergibt sich $\delta = \frac{9 \cdot 0{,}56 \cdot 612^4}{2\,200\,000 \cdot 1442} = \mathbf{0{,}11\ cm,}$ und zwar im Abstande $\frac{\lambda}{4} = 153$ cm von der Stütze 0 oder $\frac{\lambda}{4} + \frac{3}{2}a = 153 + \frac{3}{2}\,73 = 262$ cm von der ersten Last.

Da sich sämtliche vorstehende Ergebnisse auf die 1,5fache ruhende Last als Ersatz für eine bewegte Last beziehen, bei den Erprobungen auf der Versuchsstrecke *) jedoch eine Reihe von Messungen unter den ruhenden Lasten vorgenommen wurde, müssen alle vorgenannten Senkungen für die ruhende Last $^2/_3$fach genommen werden, was angenähert statthaft ist, weil, wie aus dem Vergleich von Gleichung VI) (bei $M_0 = 0$) und Gleichung XII) ersichtlich ist, der Einfluß von M_0 auf die Durchbiegung höchstens 0,01 cm beträgt. Auf diese Weise findet man die Senkungen: $y_0 = 0{,}04$, $y_1 = 0{,}14$, $y_2 = 0{,}19$ und $y_3 = 0{,}20$ cm.

Verglichen mit den Ablesungen auf der Versuchsstrecke (bei Ausscheidung einer einzigen Laststellung $^{31}/_{32}$) zeigt sich in Wirklichkeit bei allen Stützen durchwegs ein Mehrbetrag an Senkung von etwa 1 mm. Dieselbe Erscheinung trat aber auch bei den Laboratoriumversuchen auf und ist auf die geringen Hohlräume zurückzuführen, die zwischen Federkappe und Feder sowie dieser und dem Unterlagsblech vorhanden sind. Nach Beseitigung der Zwischenmittel war dann dort die rechnungsgemäße Zusammendrückung der Feder stets genau zu erkennen.

Um das gleiche Maß von etwa 1 mm blieb auf der Versuchsstrecke der Betrag des Abhebens der Schiene zurück. Der Größtwert des Abhubes trat im Abstand von drei bis vier Stützpunktabständen d. i. 2,19 bis 2,92 m von der ersten Last entfernt, ziemlich übereinstimmend mit dem Rechnungswert 2,62, auf.

Ist aus dem Vorangeführten ersichtlich, daß bei entsprechend gewählter Feder das Abheben der Schiene außerhalb des Lastenzugbereiches keine unzulässige Größe erreicht, so soll noch der Frage näher getreten werden, ob ein Abheben der Schiene innerhalb der Lastenfolge möglich ist.

Untersuchung für eine Lastenzugunterbrechung in Schienenmitte.

Hierzu wird ein Schienenstück auf neun Stützen herausgegriffen (Abb. 6). Die Berechnung gestaltet sich am einfachsten, wenn die wegen allfälligen Abhebens der Schiene

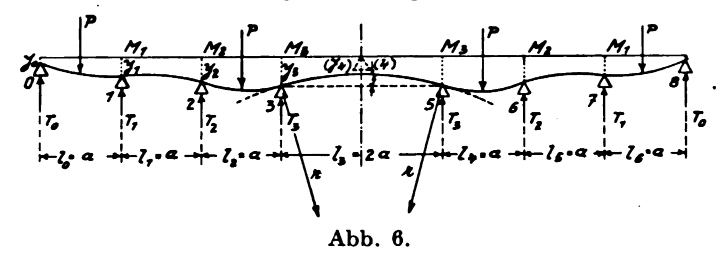


Abb. 6.

zu untersuchende Stütze (Doppelstütze) beseitigt gedacht wird, worauf sich aus der Berechnung der Biegungslinie ergibt, daß an der genannten Stelle die elastische Linie tiefer liegen muß, als die beseitigte gedachte Lagerung, wenn kein Abheben eintreten soll.

Als ungünstigst erscheint für eine bei der beseitigt gedachten Stütze (4) auftretende Aufwölbung der Schiene (Abb. 6) die Belastung des ersten, dritten, sechsten und achten Feldes je durch eine, einfachheitshalber wieder in Feldmitte stehende Einzellast P. Wegen der Spiegelgleichheit der Anlage genügen folgende drei Clapeyronsche Gleichungen, wobei N, T, D, K und γ die in der obigen Berechnung angegebenen Bedeutungen haben.

*) Man vergleiche die vorhergehende Abhandlung.



Unter Berücksichtigung der noch unbekannten Stützensenkungen y_0 bis y_3 ergibt sich ähnlich wie beim eingangs behandelten Fall:

$$\left.\begin{aligned} M_0 l_0 + 2 M_1 (l_0 + l_1) + M_2 l_1 &= N + R_1, \\ M_1 l_1 + 2 M_2 (l_1 + l_2) + M_3 l_2 &= N + R_2, \\ M_2 l_2 + 2 M_3 (l_2 + l_3) + M_5 l_3 &= N + R_3. \end{aligned}\right\} \text{I}')$$

Hierbei ist:

$$\left.\begin{aligned} R_1 &= 6EJ\left(\frac{y_1 - y_0}{l_0} + \frac{y_1 - y_2}{l_1}\right), \\ R_2 &= 6EJ\left(\frac{y_2 - y_1}{l_1} + \frac{y_2 - y_3}{l_2}\right), \\ R_3 &= 6EJ\left(\frac{y_3 - y_2}{l_2} + \frac{y_3 - y_5}{l_3}\right). \end{aligned}\right\} \text{II}')$$

Setzt man:

$$y = \frac{T}{D}, \quad l_0 = l_1 = l_2 = a, \quad l_3 = 2a,$$

$y_5 = y_3$, $M_5 = M_3$ und mit Rücksicht auf den aus obiger Berechnung ersichtlichen geringen Einfluß des Verspannungsmomentes M_0 auf die mittleren Schienenfelder $M_0 = 0$ in die Gleichung I') ein, so erhält man nach Teilung durch a:

$$\left.\begin{aligned} 4M_1 + M_2 &= \frac{N}{a} + \frac{6EJ}{a^2}(2T_1 - T_0 - T_2), \\ M_1 + 4M_2 + M_3 &= \frac{N}{a} + \frac{6EJ}{a^2}(2T_2 - T_1 - T_3), \\ M_2 + 8M_3 &= \frac{N}{a} + \frac{6EJ}{a^2}(T_3 - T_2). \end{aligned}\right\} \text{III}')$$

Nun ist:

$$T_0 = \frac{M_1}{l_0} + \frac{P}{2},$$

$$\left.\begin{aligned} T_1 &= -M_1\left(\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_0}\right) + \frac{M_2}{l_1} + \frac{M_0}{l_0} + \frac{P}{2} = \frac{-2M_1 + M_2 + M_0}{a} + \frac{P}{2}, \\ T_2 &= -M_2\left(\frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_1}\right) + \frac{M_3}{l_2} + \frac{M_1}{l_1} + \frac{P}{2} = \frac{-2M_2 + M_3 + M_1}{a} + \frac{P}{2}, \\ T_3 &= -M_3\left(\frac{1}{l_3} + \frac{1}{l_2}\right) + \frac{M_5}{l_3} + \frac{M_2}{l_2} + \frac{P}{2} = \frac{-3M_3 + M_5 + 2M_2}{2a} + \frac{P}{2}. \end{aligned}\right\} \text{IV}')$$

Dieses nebst $M_0 = 0$, $M_5 = M_3$, $l_0 = l_1 = l_2 = a$ und $l_3 = 2a$ in die Klammerausdrücke von III') eingesetzt ergibt:

$$2T_1 - T_0 - T_2 = \frac{1}{a}(-6M_1 + 4M_2 - M_3),$$

$$2T_2 - T_1 - T_3 = \frac{1}{a}(4M_1 - 6M_2 + 3M_3),$$

$$T_3 - T_2 = \frac{1}{a}(3M_2 - 2M_3 - M_1),$$

was nebst der in voriger Berechnung angegebenen Größe K und γ in Gleichungen III') eingeführt liefert:

$$\begin{aligned} 4M_1 + M_2 &= K + \gamma(-6M_1 + 4M_2 - M_3), \\ M_1 + 4M_2 + M_3 &= K + \gamma(4M_1 - 6M_2 + 3M_3), \\ M_2 + 8M_3 &= K + \gamma(-M_1 + 3M_2 - 2M_3). \end{aligned}$$

Daraus folgen die Grundgleichungen (abermals ähnlich der von Zimmermann für sechs Felder gegebenen Form):

$$\left.\begin{aligned} (4 + 6\gamma) M_1 + (1 - 4\gamma) M_2 + \gamma M_3 &= K, \\ (1 - 4\gamma) M_1 + (4 + 6\gamma) M_2 + (1 - 3\gamma) M_3 &= K, \\ \gamma M_1 + (1 - 3\gamma) M_2 + (8 + 2\gamma) M_3 &= K. \end{aligned}\right\} \text{V}')$$

Wie im vorigen Fall ist $a = 73$ cm, $P = 11145$ kg, $K = -305000$ und $\gamma = 2{,}45$, welche Größen in V') eingesetzt die Gleichungen liefern:

$$\begin{aligned} 18{,}7\ M_1 - 8{,}8\ M_2 + 2{,}45\ M_3 &= -305000, \\ -8{,}8\ M_1 + 18{,}7\ M_2 - 6{,}35\ M_3 &= -305000, \\ 2{,}45\ M_1 - 6{,}35\ M_2 + 12{,}9\ M_3 &= -305000, \end{aligned}$$

woraus

$M_1 = -32200$, $M_2 = -44950$ und $M_3 = M_5 = -39600$ kgcm gefunden wird.

Mit Hilfe der Gleichungen IV') ergeben obige Momente die Stützendrücke

$$T_0 = 5131,\ T_1 = 5838,\ T_2 = 5820 \text{ und } T_3 = 5499 \text{ kg}.$$

Wegen $y = \frac{T}{D} = \frac{T}{20000}$ sind dann die Stützensenkungen $y_0 = 0{,}257$, $y_1 = 0{,}292$, $y_2 = 291$ und $y_3 = 0{,}275$ cm.

Über die Stützweite $l_3 = 2a$ krümmt sich die Schiene wegen des gleichbleibenden Momentes M_3 nach einem Kreisbogen, dessen Halbmesser $r = \frac{EJ}{M_3}$ und dessen Pfeilhöhe (Abb. 6)

$$f = \frac{a^2}{2r} = \frac{a^2 M_3}{2EJ} = \frac{73^2 \cdot 39600}{2 \cdot 2200000 \cdot 1442} = 0{,}033 \text{ cm}.$$

Im vorliegenden Fall ist der gesenkte Schienenpunkt bei (4) demnach um $(y_4) = y_3 - f = 0{,}275 - 0{,}033 = 0{,}242$ cm tiefer als der nicht gesenkte, weshalb ein Abheben bei einem dort befindlichen Lager ausgeschlossen erscheint.

Die maßgebenden Biegemomente und Stützendrücke

Verursacht das Belasten eines Schienenstückes ein geringes Abheben der anschließenden unbelasteten Schiene, so tritt auch umgekehrt infolge dieses Abhebens eine Rückwirkung auf die belastete Schienenstrecke ein, die aus der nachfolgenden Gegenüberstellung obiger Rechnungsergebnisse leicht beurteilt werden kann.

Man findet

aus IV) mit $M_0 = 0$:

$M_1 = 31220$, $M_2 = -18720$, $M_3 = -50550$ kgcm.

aus X) mit dem errechneten M_0:

$M_1 = 12660$, $M_2 = -19098$, $M_3 = -46200$ kgcm.

aus V) mit $M_0 = 0$:

$T_0 = 788$, $T_1 = 4460$, $T_2 = 5820$, $T_3 = 6008$ kg,

aus XI) mit obigem M_0:

$T_0 = 1251$, $T_1 = 4246$, $T_2 = 5636$, $T_3 = 5943$ kg.

aus VI) mit $M_0 = 0$:

$y_0 = 0{,}043$, $y_1 = 0{,}223$, $y_2 = 0{,}291$, $y_3 = 0{,}300$ cm,

aus XII) mit obigem M_0:

$y_0 = 0{,}063$, $y_1 = 0{,}210$, $y_2 = 0{,}280$, $y_3 = 0{,}300$ cm.

Die unter den Lasten P auftretenden größten Momente ergeben sich mit dem oben berechneten $\mathfrak{M} = 203300$ kgcm als $M_P = \mathfrak{M} + \frac{1}{2}(M_1 + M_2)$ und $M_P' = \mathfrak{M} + M_3$, demnach mit den Werten von IV), wenn $M_0 = 0$ als

$$\left.\begin{aligned} M_P^0 &= 203300 + \tfrac{1}{2}(31220 - 18720) = 197050 \text{ kgcm} \\ &\text{und} \\ M_P^{0\prime} &= 203300 - 50550 = 152750 \text{ kgcm}, \end{aligned}\right\} \text{XIII})$$

mit dem oben berechneten M_0 jedoch mit

$$\left.\begin{aligned} M_P &= 203300 + \tfrac{1}{2}(12660 - 19098) = 200081 \text{ kgcm} \\ &\text{bzw.} \\ M_P' &= 203300 - 46200 = 157100 \text{ kgcm}. \end{aligned}\right\} \text{XIII}')$$

Das Einspannmoment M_0 infolge des Abhebens der Schiene vergrößert demnach das maßgebende Feldmoment d. i. M_P um 1,51 v. H., verkleinert aber den größten Stützendruck d. i. T_3 um 1,08 v. H., was auch für die größte Stützensenkung gilt.

In Anbetracht der Ungenauigkeit der gewählten Stoßziffer kann ein Fehlbetrag von etwa 1,5 v. H. vernachlässigt werden. Daher kann die statische Berechnung, so wie bei einem Durchlaufbalken, dessen sämtliche Stützen in Wirksamkeit treten, erstellt werden, vorausgesetzt, daß das aus den Elastizitätsbedingungen, wie oben, errechnete Maß des Abhebens der Schiene innerhalb zulässiger Grenzen verbleibt.

Daraus kann geschlossen werden, daß auch hinsichtlich der dynamischen Kräfte die gleichen Grundsätze, wie beim Querschwellenoberbau gelten. Es ergab sich auch auf der genannten Probestrecke, daß sowohl für die stillstehende, wie für die mit 80 km/Std. fahrende Lokomotive, die durch Meßvorrichtungen verzeichneten Stützensenkungen keine merklichen Unterschiede aufweisen. Dies bestätigt die von Dr. Saller*) für ein Beispiel ausgeführte Berechnung, die

*) Dr. Ing. H. Saller: „Einfluß bewegter Last auf Eisenbahnoberbau und Brücken." Berlin 1921.



für eine Geschwindigkeit von 72 km/Std. nur eine 0,3 v. H. betragende Zunahme der Durchbiegungen beim Oberbau nachweist, welcher Wert eine Steigerung auf 4 v. H. bei 108 km/Std. Geschwindigkeit erfährt.

Die obigen Berechnungen zugrunde gelegte Stoßziffer von 1,5 erscheint also reichlich bemessen.

Berechnung mittels Einflußlinien.

Zur Ersparung der umständlichen Rechnungen für die Durchlaufbalken auf vielen Stützen kann man sich der vor kurzem erschienenen, von Ingenieur Kratschkowsky*) auf Grund der Zimmermannschen Berechnungsweise erstellten Einflußlinien von Momenten und Stützendrücken mit großem Vorteil bedienen. Diese gelten für einen Durchlaufträger auf zwölf Stützen, umfassen also auch jenen Bereich, der beim Federnoberbau allenfalls Abhebungen an den Stützen aufweist. Die Anwendung der Einflußlinien ermöglicht es, in einfachster Weise zu erkennen, inwiefern die Feldmomente und der größte Stützendruck samt der dazu gehörigen Senkung beeinflußt werden, wenn die Stützen besagten Bereiches anstatt außer Tätigkeit zu treten, nun die Schienen niederhalten.

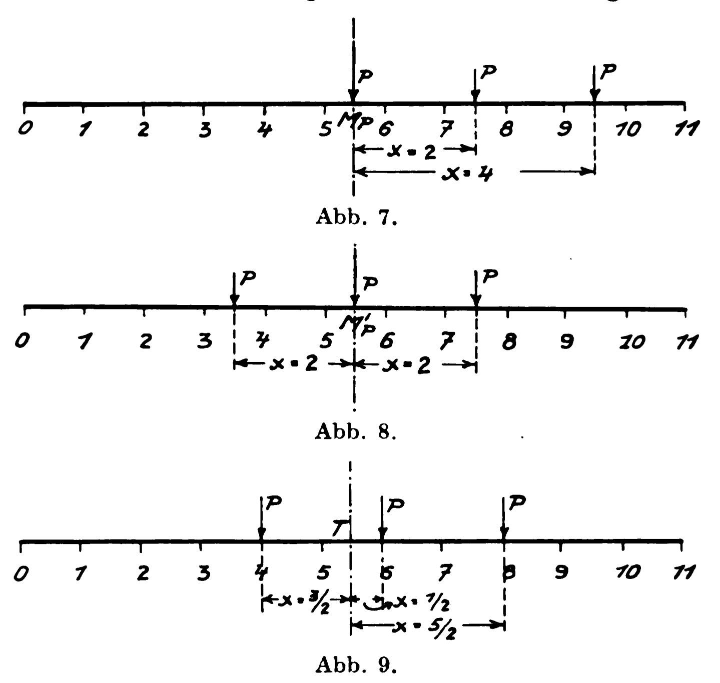


Abb. 7.

Abb. 8.

Abb. 9.

Nimmt man, entsprechend der lastfreien Strecke 2′ 1 (Abb. 7) die ersten fünf Felder als unbelastet und hierauf in den Mitten des sechsten, achten sowie zehnten Feldes je eine Einzellast P an, so kann man mit Hilfe der Zahlentafel*) I das Moment a) unter der ersten Last M_P und mittels anderer Einstellungen andere Fälle z. B. b) jenes unter der zweiten Last M_P' und mittels der Zahlentafel III als Fall c) den Stützendruck links neben der zweiten Last ermitteln. In den Tafeln bedeutet x den Abstand jeder Last vom maßgebenden Querschnitt, und zwar als Vielfaches der Stützenentfernungen. Je nach dem Werte von γ gelten verschiedene Spalten, in denen zu x die entsprechende Einflußordinate η gefunden wird.

Zu der Laststellung für M_P (Abb. 7) ermittelt man die Summe dieser Ordinaten S, ähnlich zu jener (Abb. 8) für M_P', S′ und entsprechend der Laststellung für T (Abb. 9) die Ordinatensumme S″.

Dies gibt in den vorliegenden Fällen a), b) und c) untenstehende Zusammenstellung.

	Fall a)			Fall b)			Fall c)	
$\gamma =$	2	3	$\gamma =$	2	3	$\gamma =$	2	3
x = 0	+ 0,29215	+ 0,31752	x = 2	— 0,05460	— 0,06168	$x = \frac{3}{2}$	0,3983	0,3705
x = 2	— 0,05460	— 0,06168	x = 0	+ 0,29215	+ 0,31752	$x = \frac{1}{2}$	0,1341	0,1500
x = 4	— 0,00268	— 0,00939	x = 2	— 0,05460	— 0,06168	$x = \frac{5}{2}$	0,0015	0,0179
	+ 0,23487	+ 0,24645		+ 0,18295	+ 0,19416		0,5339	0,5384

Zwischengeschaltet
für $\gamma = 2{,}45$: S = + 0,24008 S′ = + 0,18799 S″ = 0,5359

Hiermit ergibt sich:

a) $M_P = \mathrm{Pa\,S} = 11145 \,.\, 73 \,.\, 0{,}24008 = 195249$ kgcm,
b) $M_P' = \mathrm{Pa\,S'} = 11145 \,.\, 73 \,.\, 0{,}18799 = 152942$ kgcm,
c) $T = \mathrm{P\,S''} = 11145 \,.\, 0{,}5359 = 5965$ kg.

Verglichen mit den bezüglichen Werten der Gleichungen XIII′) d. i. $M_P = 200081$ und $M_P' = 157100$ kgcm und dem einer angenähert gleichen Laststellung entsprechenden Stützendruck $T_3 = 5943$ kg bei Gleichung XI) zeigt es sich, daß infolge der Niederhaltung sämtlicher Schienenlagerpunkte das größte Moment um 2,4 v. H. kleiner, der größte Stützendruck jedoch um 0,4 v. H. größer wird, welche Hundertsätze im allgemeinen bei Anwendung der vorgenannten Einflußlinien für den Federnoberbau als Umrechnungszahlen annäherungsweise beibehalten werden könnten.

Wissenswert erscheint es noch, die Ergebnisse mit der üblichen Berechnungsart unter Zugrundelegung eines ungünstigerweise auf nur vier Stützen nachgiebig gelagerten Trägers zu vergleichen.

Nach Zimmermann ergibt sich in diesem Falle für eine Einzellast G

$$M_P = \frac{8\gamma + 7}{4\gamma + 10} \cdot \frac{Ga}{4},$$

wobei aber dafür von der Einführung einer mit Rücksicht auf Stoßwirkungen vergrößerten ruhenden Last abzusehen gebräuchlich ist.

Hierbei ist mit $G = \frac{14\,860}{2} = 7430$ kg und $\gamma = 2{,}45$

$$M_P = \frac{8 \,.\, 2{,}45 + 7}{4 \,.\, 2{,}45 + 10} \; \frac{7430 \,.\, 73}{4} = 182\,200 \text{ kgcm},$$

was um fast 9 v. H. weniger ist als die, eine anderthalbfache ruhende Last berücksichtigende Berechnung des Federnoberbaues unter Gleichung XIII′) ausweist.

*) Ing. Kratschkowsky: „Oberbauberechnung bei der Annahme einer Lastenreihe mit Hilfe von Einflußlinien“, auszugsweise wiedergegeben von Dr. Saller im „O. f. d. F. d. E.“ 1928, Heft 13.

Bei der nach Winkler für unnachgiebige Stützen durchgeführten Untersuchung ergibt sich das Moment für ruhende Last mit $M_P = 0{,}1888\ Ga = 0{,}1888.7430.37 = 102400$ kg/cm. Die hiermit bestimmte Schienenbeanspruchung kann für eine Geschwindigkeit von v km/Std. mittels der Beizahl

$$c = \frac{1}{1 - 0{,}00000007\ \frac{G\,a\,v^2}{J}}$$

umgerechnet werden.

Im vorliegenden Falle wäre

$$c = \frac{1}{1 - 0{,}00000007 \frac{7430\ .\ 73\ .\ 108^2}{1442}} = 1{,}44,$$

was kleiner als die eingeführte Stoßzahl 1,5 ist*).

Unter Beibehaltung des ungünstigsten Wertes von M_P, d. i. der für den Federnoberbau gerechnete Wert der Gleichung XIII')

$$M_P = 200081 \text{ kgcm}$$

ergibt sich für die Schienenform A der Österreichischen Bundesbahnen mit dem Widerstandsmoment $W = 205.3$ cm³ eine Inanspruchnahme unter bewegter lotrechter Last von

$$\sigma_v = \frac{M_P}{W} = \frac{200081}{205{,}3} = 974 \text{ kg/cm}^2.$$

Das Gleis unter seitlichen Kräften.

Als Seitendruck kommt nach den Vorschriften der Deutschen Reichsbahn ein Fünftel eines Lokomotivachsdruckes in Betracht.

Abb. 10.

Allenfalls auftretende Fliehkräfte sind geringer. Vom Achsdruck 2 G wirkt also 0,4 G als Seitenkraft, wovon nach Abzug des Reibungswiderstandes einer Schiene im Betrage von 0,15 G der Restbetrag

$$S = 0{,}4\ G - 0{,}15\ G = 0{,}25\ G = 0{,}25.7430 = 1858 \text{ kg} \quad . \quad . \quad \text{XIV)}$$

auf die andere Schiene entfällt.

Da die Schienen in ihren Lagern ein seitliches Spiel von $\pm$ 1 mm aufweisen (Abb. 10), kann eine seitliche freie Ausweichung von $\Delta = 2$ mm an einzelnen Stützen, z. B. 1,1', zustande kommen. Bei einer freien Länge der Schiene von $l_1 = 0\,2 = 2a = 146$ cm mit dem auf die lotrechte Achse bezogenen Trägheitsmoment $J' = 256{,}6$ cm⁴ und Widerstandsmoment $W' = 45{,}8$ cm³ entsteht unter der Mittenlast $S = 1858$ kg eine seitliche Ausweichung von

$$f = \frac{S\ .\ (2\,a)^3}{48\ EJ'} = \frac{1858\ .\ 146^3}{48\ .\ 2\,200\,000\ .\ 256{,}6} = 0{,}21 \text{ cm},$$

also gerade noch ein Anliegen. Ein solches wird aber durch die Wirkung der nächsten Stütze 3,3' verhindert, deren auf der gegenüberliegenden Seite befindlicher Rand 3' nur ein Aufwärtsbiegen der Schiene um Δ zuläßt. Nach Clapeyron folgt, weil die Stütze 1 ausgeschaltet ist, mit $y_0 = y_2 = 0$ und $y_3 = -\Delta$, sowie mit $M_0 = M_3 = 0$,

$$2\,M_2\,(l_1 + l_2) = -\frac{3}{8}\,Hl_2^2 + 6\,E\,J'\,\frac{\Delta}{l_2}$$

oder wegen $l_1 = 2a$ und $l_2 = a$

$$6\,M_2 a = -\frac{3}{8}\,Sa^2 + 6\,E\,J'\,\frac{\Delta}{a}, \text{ woraus}$$

$$M_2 = -\frac{Sa}{16} + E\,J'\,\frac{\Delta}{a^2} = -\frac{1858.73}{16} + 2\,200\,000.256{,}6\,\frac{0{,}2}{73^2} =$$
$$= 12730 \text{ kgcm}.$$

Daher ist das Moment unter der Last S

$$M = \frac{S\ .\ 2a}{4} - \frac{M_2}{2} = \frac{1858\ .\ 73}{2} - \frac{12730}{2} = 61435 \text{ kgcm}$$

und die Inanspruchnahme infolge seitlicher Kräfte

$$\sigma_s = \frac{M_s}{W'} = \frac{6{,}1435}{45{,}8} = \underline{1342 \text{ kg/cm}^2}.$$

Die günstige Verspannung mittels der Querverbindungswinkel, desgl. das Durchlaufen der Schiene über mehr als vier Lagerungen ist hierbei außer Betracht gelassen worden.

Da für die seitliche Durchbiegung wegen der (wagrecht) unsymmetrischen Querschnittsgestaltung der Schiene und wegen des außermittigen Lastangriffs die gewöhnlichen Biegungsgleichungen nicht streng gelten, können die vorstehenden Rechnungen nur Näherungswerte ergeben. Insbesondere dürfte die Biegebeanspruchung wegen der gleichzeitig auftretenden Verwindung kleiner sein.

Längskräfte an der Schiene

entstehen durch Bremskräfte sowie durch Wärmespannungen. Diese rufen zusammen eine Zusatzbeanspruchung der Schiene von

$$\underline{\sigma = 829 \text{ kg/cm}^2}$$

hervor, was bei den Schienenbremslagern nachgewiesen erscheint.

Die Gesamtbeanspruchung der Schiene

unter bewegter lotrechter Belastung, unter Seitenkräften und Brems- wie Wärmewirkungen ist daher bei gleichzeitigem Auftreten aller nach obigem also ungünstigst berücksichtigten Kräfte

$$\Sigma = \sigma_v + \sigma_s + \sigma = 974 + 1342 + 829 = \underline{3145 \text{ kg/cm}^2}\text{*)}.$$

Die Schraubenfedern

(Taf. 29, Abb. 1) sind an den Stützpunkten paarweise angeordnet. Sie sind kreisförmigen Querschnittes (d = 30 mm) und weisen bei einer Höhe von 112 mm ohne die zungenförmigen Lagerflächenenden n = 3 Windungen von r = 30 mm mittlerem Halbmesser auf. Auf eine Feder entfällt laut Gleichung XI als größter Stützendruckanteil $\frac{T_3}{2} = \frac{5943}{2} = 2972 = P$ und ist hiermit deren Inanspruchnahme

$$\sigma_d = \frac{Pr}{0{,}1963\,d^3} = \frac{2972\ .\ 3}{0{,}1963\ .\ 3^3} = 1682 \text{ kg/cm}^2.$$

Da eine Feder unter $P_1 = 1$ t sich laut Erprobung um f = 1 mm zusammendrückt, läßt sich der Gleit- oder Schubelastizitätsmodul G aus $f = \frac{64\,n\,r^3}{d^4}\,\frac{P_1}{G}$ mit

$$G = \frac{64\,n\,r^3}{d^4}\,\frac{P_1}{f} = \frac{64\ .\ 3\ .\ 3^3\,1000}{3^4\quad 0{,}1} = 640000 \text{ kg/cm}^2$$

ermitteln.

Die Grundplatte

(Taf. 29, Abb. 1—6) des trogartigen Federngehäuses hat den Stützendruck $T_3 = 5943$ aufzunehmen. Unter Anrechnung eines

*) Die Kratschkowskyschen Einflußlinien werden in Rußland unter Berücksichtigung von dynamischen Beizahlen der Lasten verwendet, welche Koeffizienten mit Rücksicht auf Unebenheiten der Fahrbahn und dergleichen z. B. bei Personenzuglokomotiven für 100 km/Std. Geschwindigkeit sogar bis zu 2,0 angesetzt sind (siehe die auf Seite 452 angegebene Abhandlung Dr. Sallers). Da der Federnoberbau aber nennenswerte Unregelmäßigkeiten nicht aufweist und z. B. unrunde Stellen nicht an allen Rädern gleichzeitig auftreten, kann wohl von der Annahme einer so hohen Stoßzahl Abstand genommen werden.

*) Nach den österreichischen Vorschriften sind für die Gesamtbeanspruchung höchstens 3300 kg/cm² zulässig.

druckverteilenden Streifens von $F = 13{,}8 \times 25{,}0 = 34{,}5\ \mathrm{cm}^2$ wird der 1:4 gemischte Beton der Lagerquader mit

$$\sigma_1 = \frac{T_3}{F} = \frac{5943}{34{,}5} = 17{,}2\ \mathrm{kg/cm^2}$$

beansprucht.

Infolge einer Seitenkraft $S = 1858$ kg (s. Gleichung XIV) legt sich der Schienenfuß an einem Randstreifen der Krempe des Gehäuses von etwa $F' = 6{,}0 \times 25{,}0 = 150\ \mathrm{cm}^2$ Fläche an, der den Druck auf den Beton mit einer Pressung von

$$\sigma_2 = \frac{S}{F'} = \frac{1858}{150} = 12{,}4\ \mathrm{kg/cm^2}$$

verteilt.

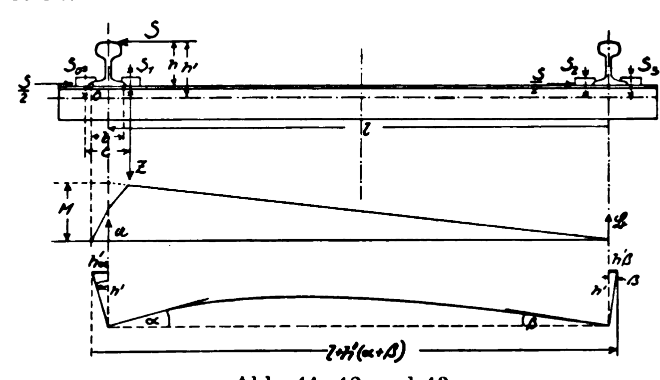


Abb. 11, 12 und 13.

Die Querverbindung.

Wirkt S an der Stelle einer Querverbindung (Abb. 11), so trachtet diese Kraft die Schiene von der Höhe $h = 140$ mm um die äußere Kante 0 ihrer $b = 112$ mm breiten Fußfläche zu kippen; das Drehmoment $M = S\,h = 1858 \,.\, 14 = 26010$ kgcm wird mittels der $c = 150$ mm voneinander abstehenden Fußschrauben S_0, S_1 auf die Querverbindung übertragen. An der Schraube S_1 der Gleisinnenseite wirkt die Zugkraft Z im Abstand $m = \frac{b+c}{2} = \frac{11{,}2 + 15{,}0}{2} = 13{,}1$ cm vom Drehpunkt 0 mit $Z = \frac{M}{m} = \frac{26010}{13{,}1} = 1986$ kg. Ist der Schienenmittenabstand $l = 150$ cm, so bleibt das Verbindungsstück im Gleichgewicht, wenn die rechte Schiene nach abwärts einen Druck von $B = \frac{M}{l} = \frac{26010}{150} = 174$ kg äußert, desgl. die linke einen ebenso großen Zug A nach aufwärts, so daß noch jede Schraube von $\varnothing \frac{7''}{8}$ mit $f = 2{,}72\ \mathrm{cm}^2$ Nutzquerschnittfläche $Z' = \frac{A}{2} = \frac{174}{2} = 87$ kg aufzunehmen hat.

S_1 erfährt daher eine Inanspruchnahme auf Zug von $\sigma_2 = \frac{Z+Z'}{f} = \frac{1986+87}{2{,}72} = 763\ \mathrm{kg/cm^2}$, ferner infolge von $\frac{S}{2}$ eine solche auf Scherung von $\tau = \frac{S}{2f} = \frac{1858}{2 \,.\, 2{,}72} = 342\ \mathrm{kg/cm^2}$ und bei einer Anliegefläche von $f' = 0{,}8 \times 2{,}2 = 1{,}76\ \mathrm{cm}^2$ der Hakenschraube eine Inanspruchnahme auf Lochwandungsdruck von $\tau = \frac{S}{2f'} = \frac{1858}{2 \,.\, 1{,}76} = 528\ \mathrm{kg/cm^2}$.

Die Querverbindung besteht aus einem Winkeleisen $\frac{90 \,.\, 130}{12}$ von $F_1 = 22{,}08\ \mathrm{cm}^2$ Nutzquerschnittsfläche mit den auf den oberen oder unteren Rand bezogenen nutzbaren Widerstandsmomenten $W_o = 79{,}62$ und $W_u = 46{,}15\ \mathrm{cm}^3$ und dem Trägheitsmoment $J_1 = 425{,}5\ \mathrm{cm}^4$ des Vollquerschnittes, alles auf die wagrechte Schwerachse gerechnet. B ruft bei S_1 ein Biegemoment hervor: $M' = B\left(l - \frac{c}{2}\right) = 174\left(150 - \frac{15}{2}\right) = 24800$ kgcm. Die Seitenkraft S erzeugt bei der linken wie bei der rechten Schiene je $\frac{S}{2}$ als Gegendruck.

Die Inanspruchnahmen des Winkeleisens sind also:

$$\sigma_0 = \frac{M'}{W_0} + \frac{S}{2F'} = \frac{24800}{79{,}62} + \frac{1858}{2 \,.\, 22{,}08} = 353\ \mathrm{kg/cm^2}\ \text{Druck und}$$

$$\sigma_u = \frac{M'}{W_u} - \frac{S}{2F'} = \frac{24800}{46{,}15} - \frac{1858}{2 \,.\, 22{,}08} = 495\ \mathrm{kg/cm^2}\ \text{Zug.}$$

Die Momentenfläche (Abb. 12) ist angenähert ein rechtwinkeliges Dreieck mit dem Abschnitt M bei A, demnach vom Inhalt $\mathfrak{F} = \frac{Ml}{2}$ mit den Auflagerdrucken $\mathfrak{A} = \frac{2\mathfrak{F}}{3} = \frac{Ml}{3}$ und $\mathfrak{B} = \frac{\mathfrak{F}}{3} = \frac{Ml}{6}$, weshalb nach Mohr die Biegungslinie (Abb. 13) an den Enden die Neigungswinkel $\alpha = \frac{\mathfrak{A}}{E'J'}$ und $\beta = \frac{\mathfrak{B}}{E'J'}$ aufweist.

Liegt die Schienenoberkante $h' = 14{,}0 + 4{,}3 = 18{,}3$ cm oberhalb der Nullinie des Winkeleisens, so drehen sich die Schienenköpfe je um $h'\alpha$ oder $h'\beta$ nach außen, womit eine elastische Spurerweiterung von

$$\Delta = h'(\alpha + \beta) = \frac{h'}{E'J'}(\mathfrak{A} + \mathfrak{B}) = \frac{h'\mathfrak{F}}{E'J'} = \frac{h'Ml}{2E'J'} =$$

$$= \frac{18{,}3 \,.\, 26010 \,.\, 150}{2 \,.\, 2150000 \,.\, 425{,}5} = 0{,}039\ \text{cm},$$

also von rund 0,4 mm zustande kommt.

Der vom Reibungswiderstand der Schiene bei B aufgenommene Teil der Seitenkräfte wird als entlastend nicht berücksichtigt.

Die Schienenbremslager.

Auf der Versuchsstrecke entfiel als Belastung auf eine 20 m lange Schiene die vorstehend dargestellte Lokomotive mit Tender (Abb. 1) im Gesamtgewicht von $G = 1414$ kg. Gemäß der deutschen Reichsbahnvorschriften ist von dieser Last ein Siebentel als Bremskraft zu rechnen, d. i. für eine Schiene $N = \frac{G}{14} = \frac{141400}{14} = 10100$ kg. Jede Schiene weist nun drei Bremslager (Abb. 14) auf, die symmetrisch zur Schienenlängenmitte in $l = 146$ cm Abständen angeordnet sind. Das zwischen dem ersten und dritten Bremslager liegende Schienenstück von 292 cm Länge überträgt Wärmespannungskräfte auf diese Lager. Jedes besteht aus zwei am Fuße einbetonierten lotrechten $\frac{80}{90}$ Vierkanteisen CD als Führungseisen, die bei C gelenkartig ein durch Laschen AC an die Schienen fest angeschlossenen Verbindungsstück in der Längs- wie Querrichtung festhalten, dabei aber ein Senken sowie ein auf 2 mm Spiel begrenztes Abheben der Schiene zulassen.

Es bezeichnen im nachfolgenden für die Schiene und für die Führungseisen.

$E = 2200000$ und $E' = 2150000\ \mathrm{kg/cm^2}$ die Elastizitätszahl,

$J = 1442$ und $J' = 2 \,.\, \frac{8 \,.\, 9^3}{12} = 972\ \mathrm{cm}^4$ das Trägheitsmoment,

$W = 205{,}3$ und $W' = 2 \,.\, \frac{8 \,.\, 9^2}{6} = 216\ \mathrm{cm}^3$ das Widerstandsmoment und

$F = 56{,}6$ sowie $F' = 2 \,.\, 8 \,.\, 9 = 144\ \mathrm{cm}^2$ die Querschnittsfläche.

Wenn bei einer Wärmeänderung von t^0C das Schienenstück $A_0B = l = 146$ cm (Abb. 15) sich entsprechend der Wärmedehnungszahl $\varepsilon = 12 \,.\, 10^{-6}$ um $\Delta = \varepsilon t l$ ausdehnt, so würde bei Fehlen der Verbindung C der Punkt A_0 nach A_t gelangen. Der Widerstand X des Kragträgers von der Länge $CD = \lambda = 15{,}0$ cm bei C bewirkt zunächst eine Zusammenpressung von A_tB (nach Hook) um $\Delta_1 = \frac{Xl}{EF}$, wodurch A_t auf den Punkt A_1 gebracht wird, weiter eine Drehung der Tangente der Biegelinie bei A_1 infolge der am Hebelarme $AC = h = 13{,}8$ cm angreifenden Kraft X mit einem Momente $M_0' = hX$ bei A. Die Form der Biegelinie läßt erkennen, daß Reaktionen bei A nach aufwärts, bei B nach abwärts wirken nebst den Momenten M_0' bei A und M_1' bei B.

Nach Clapeyron ist $M_0'l + 4M_1'l + M_0'l = 0$ unter Vernachlässigung des Höhenspiels bei B, woraus $M_1' = -\frac{M_0'}{2}$. Die Momentenfläche (Abb. 16) über l liefert den Auflagerdruck $\mathfrak{A} = \frac{M_0\,l}{2} - \frac{1}{3}\,\frac{3\,M_0'}{2}\,\frac{l}{2} = \frac{M_0'\,l}{4}$ und damit nach Mohr den Neigungswinkel $\varphi = \frac{\mathfrak{A}}{E\,J}$, somit den Ausschlag des Punktes C das ist CC_1 oder $\Delta_2 = \varphi\,h = \frac{\mathfrak{A}\,h}{E\,J} = \frac{M_0'\,l\,h}{4\,E\,J} = \frac{X\,l\,h^2}{4\,E\,J}$.

Der Konsolträger C_0D_0 erfährt zunächst bei einer Wärmeänderung des Betonkörpers von $t'\,^0C$ eine Parallelverschiebung nach C'D um $\Delta' = \varepsilon t' l$, ferner rückt der Punkt C' unter der Kraft X um C'C das ist $\Delta_3 = \frac{X\,\lambda^3}{3\,E'J'}$ ab.

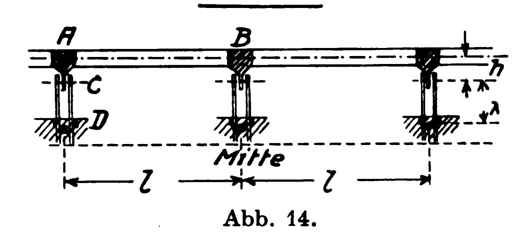


Abb. 14.

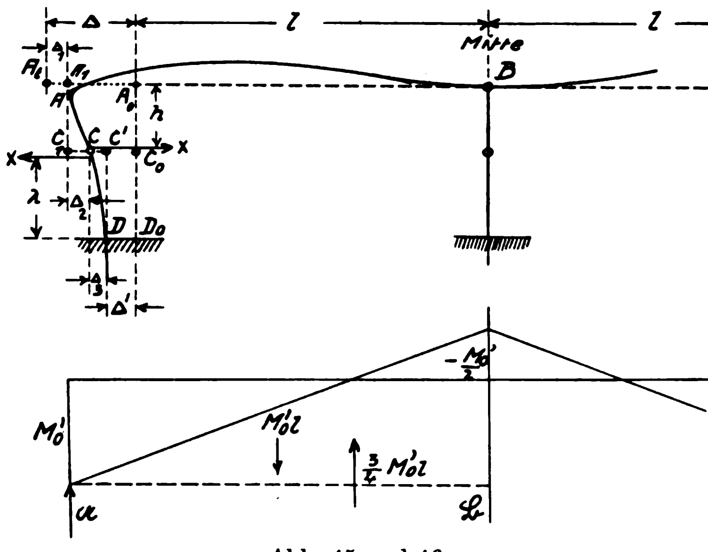


Abb. 15 und 16.

Soll nun bei C die gelenkige Verbindung bestehen, so muß die Gleichung erfüllt sein

$$\Delta - \Delta' = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3,$$

oder

$$\varepsilon\,(t - t')\,l = \frac{X\,l}{E\,F} + \frac{X\,l\,h^2}{4\,E\,J} + \frac{X\,\lambda^3}{3\,E'\,J'},$$

woraus

$$X = \frac{\varepsilon\,(t-t')\,l}{\frac{l}{E}\left(\frac{1}{F} + \frac{h^2}{4\,J}\right) + \frac{\lambda^3}{3\,E'\,J'}}.$$

Bleibt der Betonkörper gegenüber der Schiene in der Wärmeänderung um 15^0 C zurück, so ist $t - t' = 15$ zu setzen und wird mit den vorgenannten Größen

$$X = \frac{12\,.\,10^{-6}\,.\,15\,.\,146}{\frac{146}{2\,200\,000}\left(\frac{1}{56{,}6} + \frac{13{,}8^2}{4\,.\,1442}\right) + \frac{15^3}{3\,.\,2150000\,.\,972}} = 6735 \text{ kg}.$$

Von der Bremslast N der Schiene ist noch $\frac{N}{3} = \frac{10\,100}{3} = 3033$ kg als weitere Horizontallast bei C zu rechnen, so daß insgesamt dort $H = X + \frac{N}{3} = 6735 + 3033 = 9768$ kg auftreten, welche Kraft auch in der Schiene achsial wirkt.

Die Biegemomente bei A und D sind

$M_A = H\,h = 9768\,.\,13{,}8 = 134800$ kgcm bzw.

$M_D = H\,\lambda = 9768\,.\,15{,}0 = 146500$ kgcm,

daher die Inanspruchnahme infolge der Brems- und Wärmekräfte der Schiene (am Fuße):

$$\sigma_H = \frac{H}{F} \pm \frac{M_A}{W} = \frac{9768}{56{,}6} + \frac{134800}{205{,}3} = 829 \text{ kg/cm}^2$$

und der Führungseisen bei D:

$$\sigma_D = \frac{M_D}{W'} = \frac{146500}{216} = 678 \text{ kg/cm}^2.$$

Diese erfahren noch die Scherbeanspruchung von

$$\tau = \frac{H}{F} = \frac{9768}{144} = 68 \text{ kg/cm}^2.$$

Der Druck verteilt sich bei der Einspannungsstelle auf den Beton mittels Flacheisen von $f = 380\text{cm}^2$ Fläche zu

$$\sigma_b = \frac{H}{F} = \frac{9768}{380} = 25{,}7 \text{ kg/cm}^2.$$

Der Gegendruck

$$A = \frac{M_1' - M_0'}{l} = \frac{3\,M_0'}{2\,l} = \frac{3\,X\,h}{2\,l} = \frac{3\,.\,6735\,.\,13{,}8}{2\,.\,146} = 949 \text{ kg}$$

wird von der knapp neben A liegenden Federstütze aufgenommen, der doppelt so große Gegenzug bei B als Achsialkraft von den Führungseisen übernommen. Ist $(t - t')$ negativ, so gilt für A die Verankerung wie zuvor für B und bei B die Druckverteilung auf den Nachbarstützen.

Die Horizontalkraft H beansprucht beim I-förmigen Verbindungsstück acht Schrauben ⌀ 1″ auf Abscheren mit $\tau_1 = \frac{9768}{8\,.\,3{,}573} = 342 \text{ kg/cm}^2$ und auf Lochleibungsdruck mit $\tau_1' = \frac{9768}{8\,.\,2.2\,.\,2{,}54} = 218 \text{ kg/cm}^2$.

Die Laschen würden bei nicht entsprechend angezogenen Schrauben (drei Stück ⌀ 15/16″) deren Bolzen

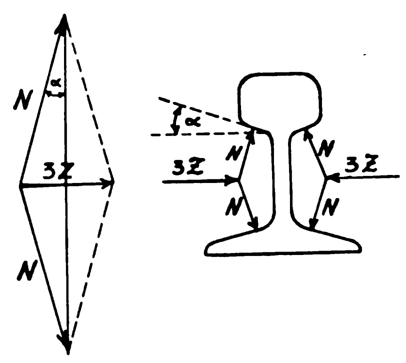


Abb. 17.

auf Abscheren mit $\tau_2 = \frac{9768}{6\,.\,4{,}71} = 345 \text{ kg/cm}^2$ und auf Lochleibungsdruck mit $\tau_2' = \frac{9768}{3\,.\,2{,}45\,.\,1{,}4} = 731 \text{ kg/cm}^2$ beanspruchen.

Sind die Schrauben mit Z kg angespannt, so wirken sie (Abb. 17) auf die vier Anliegeflächen der 1:4 geneigten Laschenkammern mit einem Druck von je $N = \frac{3\,Z}{2\sin\alpha}$; bei einem Reibungskoeffizienten $\varrho = \frac{1}{7}$ von Stahl auf Stahl tritt dann der Längswiderstand $H = \frac{4\,N}{7} = \frac{4}{7}\,\frac{3\,Z}{2\sin\alpha} = \frac{6\,Z}{7\sin\alpha}$ auf.

Wegen $\operatorname{tg}\alpha = 0{,}25$, ist $\sin\alpha = 0{,}242$ und bestimmt sich $Z = \frac{7\,.\,0{,}242}{6}$ $H = 0{,}282$ H. Mit der auf ein Laschenpaar entfallenden Kraft $H = 9768$ wird $Z = 0{,}268\,.\,9768 = 2750$ kg, daher ist die erforderliche Inanspruchnahme bei Wirksamkeit der Schrauben: $\sigma_Z = \frac{2750}{3{,}147} = 874 \text{ kg/cm}^2$, welche Spannung leicht erzielt werden kann.

Schienenanker.

Im allgemeinen treten Wärmespannungen nur im Mittelstück der Schiene innerhalb der drei Bremslager auf, da

außerhalb dieser Strecke Stoßlücken der Schienen vorgesehen sind.

Es kann aber die Frage auftauchen, ob das Federngleis beim Versagen der Stoßlücken unzulässige Entformungen erfahren würde. Legt man einen Wärmeunterschied von $t = 35^0$ C zugrunde, so würde die Verlängerung der $L = 20$ m langen Schiene

$$\delta = \varepsilon\, t\, L = 12 \,.\, 10^{-6} \,.\, 35 \,.\, 2000 = 0{,}84 \text{ cm}$$

betragen. Diese kann durch eine Kraft P aufgehoben werden, die gemäß dem Hookschen Gesetz $\delta : L = \frac{P}{F} : E$ als

$$P = \frac{\delta E F}{L} = \frac{0{,}84 \,.\, 2200000 \,.\, 56{,}6}{2000} = 52300 \text{ kg}$$

gefunden wird.

Rechnet man mit dem größten Abstand der Schienenanker d. i. $l_0 = 438$ cm als freie Knicklänge unter Außerachtlassung der günstigen teilweisen Einspannung, so ist für das freie Ausknicken in der lotrechten Ebene bei einem Trägheitsradius $i_x = 5{,}05$ cm der Schiene, wenn die Druckfestigkeit $s_d = 6000$ kg/cm² beträgt, nach Tetmajer die Knickfestigkeit

$$s_k = 3350 - 6{,}2 \frac{l_0}{i_x} = 3350 - 6{,}2 \frac{438}{5{,}05} = 2813 \text{ kg/cm}^2.$$

Es folgt die Knickkraft

$$P_k = s_k\, F = 2813 \,.\, 56{,}6 = 159\,100 \text{ kg},$$

demnach der Sicherheitsgrad gegen Knicken:

$$n = \frac{P_k}{P} = \frac{159\,100}{52\,300} = 3{,}0.$$

Hierbei wird vorausgesetzt, daß die Schienenanker imstande sind, die Schienen niederzuhalten. Um dies zu untersuchen, werde angenommen, daß eine Schiene von der Länge L (Abb. 18) durch Ausbiegen spannungslos oder nahezu spannungslos der Zusammenpressung ausweichen würde. Der so gebildete Bogen habe eine Pfeilhöhe f, seine Länge ist angenähert $L_t = L + \frac{8 f^2}{3 L}$, wobei das Zusatzglied $\frac{8 f^2}{3 L} = \delta = \varepsilon\, t\, L$ der Verlängerung infolge Wärmezunahme entspricht. Daraus folgt:

$$f^2 = \frac{3 \varepsilon t L^2}{8} \quad \text{oder} \quad \frac{f}{L} = \sqrt{\frac{3 \varepsilon t}{8}}.$$

Betrachtet man die an den Enden gelenkig festgehaltene krumme Schiene als Bogenträger und belastet diesen im Scheitel durch eine Vertikalkraft V, so ist der Kämpferdruck (nach Müller-Breslau) $K = \frac{3 V L}{16 f} \nu$, wobei ν angenähert gleich 1 gesetzt werden kann. Hieraus wird $V = \frac{16 f}{3 L} K$ gefunden. Wie zuvor gilt $P = \frac{\delta E F}{L}$ oder wegen $\delta = \varepsilon t L$ auch $P = \varepsilon t E F$.

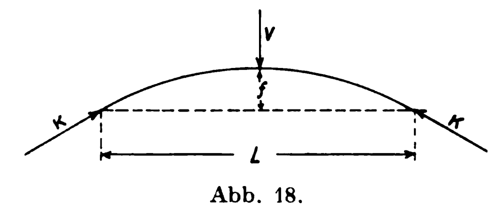


Abb. 18.

Da nun der Kämpferdruck K nie größer werden kann als P, folgt bei Ersetzung von K durch P in vorstehender Gleichung, daß

$$V < \frac{16 f}{3 L} P.$$

Führt man hierin die obigen Werte von $\frac{f}{L}$ und P ein, so ergibt sich

$$V < \frac{16}{3} \varepsilon t E F \sqrt{\frac{3 \varepsilon t}{8}}$$

oder

$$V < 3{,}26\; E F \sqrt{\varepsilon^3 t^3}.$$

Im vorliegenden Falle ist

$$V < 3{,}26 \,.\, 2200000 \,.\, 56{,}6 \sqrt{12^3 \,.\, 10^{-18} \,.\, 35^3} \text{ oder}$$
$$V < 3500 \text{ kg}.$$

Das heißt, daß in die Ankereisen, desgl. auch in die Führungseisen der Bremslager, die gleichfalls das Niederhalten der Schiene besorgen, niemals mehr als 3500 kg Zug kommen können.

Die Ankereisen ⌀ $1^3/_8''$ mit $F_1 = 6{,}835$ cm² Querschnittsfläche weisen daher eine geringere Inanspruchnahme auf als $\sigma_1 = \frac{3500}{6{,}835} = 523$ kg/cm², die Führungseisen erhalten also eine zusätzliche Inanspruchnahme von weniger als

$$\sigma_2 = \frac{3500}{144} = 24 \text{ kg/cm}^2.$$

Messung senkrechter Schienenbewegungen.

Von Ing. **Adolf Wettl**, Oberbaurat der Österreichischen Bundesbahnen, Wien.

Hierzu Tafel 33.

Im Herbst 1928 wurde im linken Gleis der Strecke Wien—Gmünd (nächst km 42,5) ein 105 m langes Versuchsgleis nach System Dr. Ing. Wirth gelegt. Dieses neue Oberbausystem wurde wiederholt beschrieben. Es beruht in der Hauptsache darauf, daß die Schienen auf starken Spiralfedern aufliegen, die in einem kräftigen Betonunterbau gelagert sind. Die Gummireifen des Automobils sind also gleichsam durch Federung der Fahrbahn ersetzt. Für den Maschinentechniker liegt es auf der Hand (und das ist für ihn ausschlaggebend), daß durch den Wegfall der beim Querschwellenoberbau unvermeidlichen Stöße eine ganz wesentliche Schonung nicht nur des Oberbaues, sondern vornehmlich der Fahrzeuge, insbesondere der Räder, Achsen und Achslager zu gewärtigen ist.

Während des Baues wurde die Frage aufgeworfen, welche Schienenbewegungen bei diesem Oberbau auftreten, wie sich der Vergleich zu denen des Querschwellenoberbaues stellt und welche Schlußfolgerungen aus den durch den Vergleich gewonnenen Erkenntnissen gezogen werden können.

Durch diese Fragen angeregt, hatte ich (in Ermangelung eines photographischen Meßapparates) es auf mich genommen, eine Vorrichtung zu entwerfen, die vorerst nur die senkrechten Bewegungen der Schienen aufzeichnen soll, womöglich mit einem solchen Grad der Genauigkeit, daß die Ergebnisse der Messung nicht nur praktisch, sondern auch wissenschaftlich verwertet werden könnten.

Der nächstliegende Gedanke war wohl die Anbringung eines Schreibstiftes unmittelbar am Schienenfuß, der die Bewegungen in natürlicher Größe auf einem vorbeigeführten Streifen aufzeichnet. Es war mir jedoch klar, daß bei der geringen Größe der zu erwartenden Ausschläge (bis 4 mm) und der unverhältnismäßigen Dicke der Bleistiftlinie dabei weder ein genaues Maß der Bewegung selbst, noch eine Einsicht in ihren Verlauf und ihre Art gewonnen werden konnte. Diese Erwägungen bestimmten mich, einen Übersetzungshebel anzuwenden, der, durch einen Druckhebel mit der Schiene in Verbindung gebracht, bedeutende Vergrößerungen der Bewegung gestattet. Um Eigenschwingungen auszuschalten oder wenigstens auf ein Minimum zu bringen, habe ich den Hebel kurz (120 mm) ausgeführt und getrachtet, seinen Schwerpunkt möglichst nahe an den Drehpunkt zu bringen. Um auch die Fehlerquelle des toten Ganges möglichst zu beseitigen, habe ich die Gelenke durchwegs als Körnergelenke ausführen lassen. In der gegenwärtigen Ausführung haben die Pfannen einen Winkel von 90°, die Körner einen solchen von

60°. — Bei den auftretenden hohen Drücken, die sich auch seitlich und in der Längsrichtung der Schiene auswirken müssen (Kippen, Verdrehen, Vorschub) war vor allem auf eine Entlastung des Hauptgelenkes Bedacht zu nehmen. Diesen Zweck schien mir am besten ein Kreuzgelenk zu erfüllen, das, zwischen Schiene und Druckhebel geschaltet, in meiner Ausführung auch vollkommen entsprochen hat. Hierdurch ist zwar an sich eine neue Fehlerquelle aufgetreten, jedoch ist der überhaupt mögliche Fehler bei einer größten Seitenverschiebung von $\pm$ 1 mm sehr klein. Bei einer Entfernung von 55 mm der Gelenke voneinander ergibt sich, daß der Fehler so gering ist, daß er praktisch mit Null gewertet werden kann.

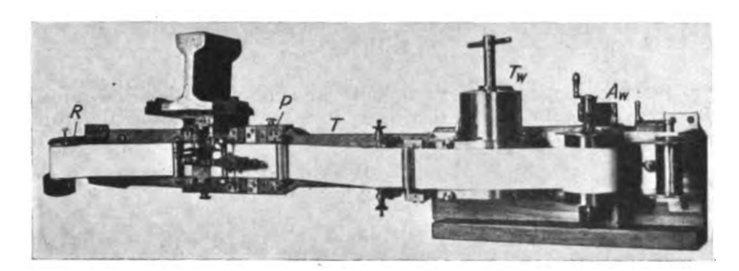


Abb. 1.

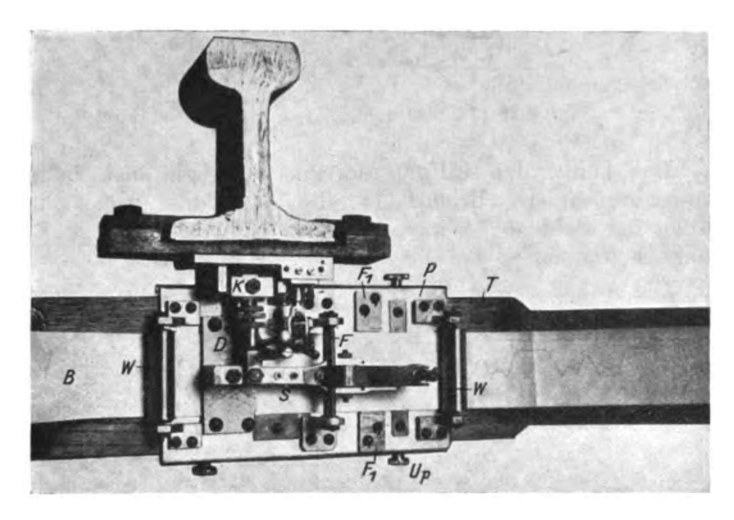


Abb. 2.

Die beigegebenen Textabb. 1 und 2 lassen den Apparat und seine Wirkungsweise deutlich erkennen. Der Apparatträger T (eine Holzlatte) ist in geeigneter Weise mit dem gewählten Fixpunkte verbunden. Auf dem Träger befindet sich eine verschiebbare Platte P, die durch vier Schrauben festgelegt wird. Auf der Platte ist der Schreibhebel S angebracht, dessen vier Pfannen eine 3, 4, 6,1 und 8,6fache Vergrößerung gestatten (Ergebnis der Eichung). Um ein stetiges Andrücken des Schreibstiftes zu erzielen, ist der Hebel gelenkig ausgeführt und der Stift mit einer Feder belastet. Zur Schonung des Hauptgelenkes ist noch eine Führung vorhanden. Das Schreibband B geht von der Rolle R, durch geeignete Führungswalzen und Führungen in gleicher Lage gehalten, unter dem Schreibstift zum Antriebsapparat A. Aus Sparsamkeit wurde für diesen Versuch ein Morseapparat entsprechend umgebaut, der nun einen 50 mm breiten Streifen mit einer Geschwindigkeit von 60 bis 50 mm/sek. durchzieht. (Die Einzelheiten sind aus der Abbildung ohne weiters zu ersehen.) — Der Druckhebel D (durch Verschraubungen auf die erforderliche Länge einstellbar) ist mit dem unteren Ende in eine Pfanne des Schreibhebels, mit dem oberen in das Kreuzgelenk K eingehängt. Das Kreuzgelenk ist durch eine Verschraubung mit dem Schienenfuß fest verbunden. Zur Kontrolle ist am Gehäuse des Kreuzgelenkes, sowie an der Seite des Druckhebels je ein weiterer Schreibstift angebracht, der die senkrechten Bewegungen der Schiene in natürlicher Größe verzeichnet. — Die Bewegungen der Schiene werden somit unmittelbar auf das Kreuzgelenk und von diesem, durch den Druckhebel, auf den Schreibhebel übertragen. Durch gleichzeitige Verwendung mehrerer Hebel können auch Kippbewegungen usw. gemessen werden.

Aus dem Apparat ergeben sich nachstehende mögliche Fehler bzw. Fehlerquellen:

1. Aus dem Kreuzgelenk:
   a) Durch die wagrechte Bewegung der Schiene senkrecht zur Gleisachse entsteht (wie schon angeführt) ein negativer Fehler im Höchstbetrage von 0,01 mm. (Senkungen sind positiv, Hebungen negativ gewertet.)
   b) Durch das Abweichen von der Horizontalen infolge Durchbiegung der Schiene entsteht ein von der Größe der Durchbiegung abhängiger Fehler, der aber in den Wendepunkten des Diagrammes naturgemäß stets gleich Null ist. Auch in den Zwischenstellungen kann der Wert nur äußerst gering sein.
   c) Durch den achsialen Vorschub der Schiene während des Befahrens entsteht ein ebenfalls negativer Fehler, der für einen Millimeter Vorschub bei diesem Apparat 0,025 mm betragen würde.

2. Aus den vier Gelenken des Apparates ergibt sich ein Fehler, der, mit 0,01 mm für jedes Gelenk wohl überreich angenommen, einen Höchstwert von 0,04 mm annehmen könnte. Dieser Fehler kann sich sowohl positiv als negativ auswirken. Infolge der Schleuderwirkung, zumal bei größerer Geschwindigkeit, dürfte er jedoch stets positiv auftreten.

3. Eine weitere Fehlerquelle ist in den möglichen Eigenschwingungen des Schreibhebels gelegen. Bei der geringen Länge desselben sind solche bedeutungslos und auch nicht festzustellen gewesen. Auch übt die, an sich ziemlich bedeutende, Reibung des Schreibstiftes eine bremsende Wirkung aus.

4. Der Fehler, der aus den Kreisbewegungen der Gelenke resultiert, ist wohl rechnerisch zu erfassen, sein Wert jedoch bei der Kleinheit der vorkommenden Winkel (bis höchstens 8°) nahezu Null.

5. Endlich könnten seitliche Verschiebungen des Schreibbandes oder ungleiche Breiten desselben noch die Ursache von Fehlern werden. Solche Abweichungen wurden bisher nicht (wenigstens nicht meßbar) festgestellt. Zur Kontrolle wird die Entfernung der Nullinie vom Rande nachgemessen.

Von diesen möglichen Fehlern sind die unter Punkt 1 angeführten stets negativ, während die unter Punkt 2 angeführten teils positiv, teils negativ sein können. Aber selbst wenn alle möglichen Fehler gleichzeitig im Höchstausmaß und in gleicher Richtung auftreten sollten, würde ihre Summe noch immer 0,1 mm nicht übersteigen, also nicht 4% des Maßes der Bewegung ausmachen. Die optische (photographische) Messung liefert ohne Zweifel genauere Werte. Der vorliegende Apparat hat aber den Vorteil, daß er von jedermann leicht bedient werden kann und daß das Ergebnis der Messung sofort greifbar vorliegt.

Ich will der fachwissenschaftlichen Ausdeutung der Diagramme nicht vorgreifen; diese wird an anderer Stelle erfolgen. Aber auf einige bemerkenswerte Erscheinungen will ich doch hinweisen; als Beleg seien einige der mit dem Apparat aufgenommenen Diagramme gebracht. Diagramm 1 auf Taf. 33 zeigt die Schienenbewegung eines Güterzuges in 6,1facher Vergrößerung. Einige Räder haben mäßig flache Stellen, deren Auswirkung im Diagramm gut zu sehen ist. Diagramm 2 zeigt die Wirkung eines Personenzuges in 6,1facher, Diagramm 3 in 8,6facher Vergrößerung. Diagramm 4 stellt

die Schienendurchbiegung unter einem Schnellzuge in 8,6facher Vergrößerung dar. Diese vier Diagramme sind am gefederten Oberbau aufgenommen. Diagramm 5 zeigt die Schienenbewegung des Querschwellenoberbaues bei der Durchfahrt eines Schnellzuges in 4facher Vergrößerung. Dieses Diagramm zeigt deutlich, daß die Schiene beim Belastungswechsel nicht ausschwingen kann, sondern noch vor dem Erreichen der Höchstlage vom nachfolgenden Rade niedergeschlagen wird. Dieser Schlag wiederholt sich naturgemäß in jedem Feld. In den Diagrammen des gefederten Oberbaues ist das Ausschwingen der Schiene sehr schön zu ersehen; im oberen Belastungswechsel sind stets echte Wendepunkte vorhanden. Es zeigt sich aber, daß die Streifengeschwindigkeit von 60 mm/sec noch nicht alle Schwingungen auflösen kann. Insbesonders das Nachschwingen der Schiene nach dem Durchrollen des Zuges bleibt auch bei 8,6facher Vergrößerung noch undeutlich; zu ihrer Auflösung muß die Streifengeschwindigkeit auf mindestens 100 mm/sec gesteigert werden. Bei einigen, probeweise von Hand aus mit etwa 200 mm/sec durchgezogenen Streifen sind auch diese Schwingungen deutlich zu verfolgen.

Die Diagramme 6 und 7 zeigen die Schwingungen eines fest eingespannten, 1400 mm langen, quadratischen Stahlstabes (20 × 20 mm), die durch leichte Hammerschläge ausgelöst wurden. Der Stahlstab wurde in einen Schraubstock gespannt und das freie Ende durch eine Verschraubung mit dem Kreuzgelenk verbunden. Probeweise wurde chemisch behandeltes Papier von 50 mm Breite und als Schreibstift ein Messingstift verwendet. Durch einen leichten Schlag mit einem Handhammer knapp hinter der Einspannstelle wurde der Stab in Schwingungen versetzt. Bei abgehobenem Schreibstift erwies sich die Schwingungsdauer um ein Vielfaches größer, als wenn der Stift angedrückt war. Der Apparatwiderstand war demnach stets derselbe. Der rasche Ablauf der Schwingungen im Schaubild zeigt, daß der Reibungswiderstand des Schreibstiftes so groß ist, daß selbst Schwingungen eines verhältnismäßig massigen Körpers durch ihn rasch aufgezehrt werden. Schon aus diesem Grunde erscheinen Eigenschwingungen des leichten Schreibhebels wenn nicht ausgeschlossen, so doch gänzlich bedeutungslos.

Die Vorrichtung kann auch am Querschwellenoberbau, sowie an jedem Brücken- oder sonstigen Träger angebracht werden. Bei Messungen am Querschwellenoberbau ist für die Meßvorrichtung unter der Schiene eine Rinne von etwa 15 cm Breite bis 20 cm über den Schienenfuß hinaus gegen die Gleismitte hin freizumachen und durch Bretter abzugrenzen.

Verschiedenes.

Der Anteil von Straßenbahn und Omnibus im Großstadtverkehr.

Die Zusammensetzung des Großstadtverkehrs, die dem Verkehrsingenieur lebhaft unterschiedliche Merkmale zeigt, wird im wesentlichen bestimmt durch den Anteil, den die einzelnen Verkehrsmittel am Gesamtverkehr aufweisen, und den Umfang wie sie sich sowohl der Zahl der Fahrzeuge nach, die für das Straßenbild maßgebend ist, als auch der Zahl der beförderten Fahrgäste nach in diesen teilen. Die in den letzten Jahren so stark gewordene Forderung nach der Beseitigung der Straßenbahn aus dem Innern der Großstädte und die dafür angegebenen Gründe haben besonderes Interesse an diesen Vergleichszahlen in den einzelnen Städten wachgerufen. Wenn auch wirtschaftlich diese Frage schon längst von führenden Verkehrsfachleuten in dem Sinne erledigt worden ist, daß die Straßenbahnen infolge ihrer niederen Betriebskosten als wirtschaftliches Rückgrat eines jedes Massenverkehrs unentbehrlich sind und nur zum Schaden der Allgemeinheit durch ein anderes Verkehrsmittel gleichwelcher Art auf die Dauer ersetzt werden kann, so haben doch die an Hand der folgenden Zahlen über die Verkehrsverteilung zu ziehenden Schlüsse auch für die weitere Behandlung dieser Frage nicht an Wert verloren. Im großen Durchschnitt der europäischen Großstädte, ausgenommen Paris und London, wo besondere Verhältnisse vorherrschen, trägt die Straßenbahn rund 90 v. H. des Gesamtverkehrs, der Omnibus nur 10 v. H. In London dagegen stehen 5951 Omnibusse im Betrieb und nur 2729 Straßenbahnwagen; vom Gesamtverkehr entfallen auf die Omnibusse 40 v. H., auf die Straßenbahn 30 v. H. und auf die Untergrundbahnen und Vorortbahnen die restlichen 30 v. H., berechnet nach der Zahl der beförderten Fahrgäste. In Paris verkehren 1371 Omnibusse und 3183 Straßenbahnwagen; die entsprechenden Verkehrsanteile sind hier 40, 42 und 18 v. H., in Berlin schließlich verkehren 744 Omnibusse und 3878 Straßenbahnwagen. In einem großen Teil der Innenstadt von London ist die Straßenbahn durch Gesetz ausgeschaltet, und hier dürfen nur Omnibusse verkehren. Man erwartete von dieser durchgreifenden Maßnahme eine weitgehende Entlastung des Oberflächenverkehrs, hat sich aber in dieser Erwartung getäuscht gesehen, wie die ungemein starken Verkehrszusammenballungen in den Verkehrsstunden zeigen.

Ähnliche Verkehrsverhältnisse haben sich in Paris herausgebildet, obwohl dort der Bezirk, in dem nur Omnibusse verkehren dürfen und die Straßenbahn ausgeschaltet ist, wesentlich kleiner ist als in London. Trotzdem haben sich auch dort die Verteilungs-

Zahlentafel 1.

	Zahl der Omnibusse und Straßenbahnwagen in europäischen Städten					
	Bevölkerung	Omnibusse			Straßenbahnen	
		Zahl	Strecken		Motorwagen	Beiwagen
			Zahl	Länge km		
London . . .	7 500 000	5951	512	2720	2729	—
Paris	4 412 000	1371	—	—	2291	892
Berlin	4 100 000	744	33	310	2085	1793
Hamburg . .	1 460 000	58	13	122	848	867
Amsterdam .	730 000	95	9	48	394	336
Köln	720 000	63	11	370	528	702
Rotterdam. .	580 000	40	7	40	341	146
Frankfurt am Main .	540 000	41	7	38	376	463
Hannover . .	540 000	10	2	8	276	332
Haag	490 000	30	5	23	275	248
Bremen . . .	400 000	21	4	34	222	244

Zahlentafel 2.

Stadt	Bevölkerung	Zahl der Fahrgäste				Gesamtanteil v. H.	
		Straßen-	Vorort-	Untergrund-	Omnibus	Schiene	Omnibus
		Bahnen					
		in Tausenden					
Berlin . . .	4 100 000	77 100	35 000	21 000	19 300	87,5	12,5
Köln	720 000	14 700	1 950	—	500	97,0	3,0
Leipzig . .	680 000	21 700	400	—	180	99,2	0,8
Dresden . .	620 000	19 600	130	—	880	95,7	4,3
Breslau . .	600 000	10 200	—	—	570	94,7	5,3
Frankfurt am Main	540 000	13 600	135	—	1 200	92,0	8,0
Düsseldorf .	440 000	11 300	580	—	170	98,6	1,4
Amsterdam	730 000	122 739	—	—	10 656	92,0	8,0
Rotterdam	580 000	70 000	—	—	10 000	87,5	12,5
Haag	490 000	63 422	—	—	3 404	95,0	5,0

zahlen des Verkehrs ziemlich gleichartig eingestellt wie in London und die Straßenüberfüllung hat ähnlich unerträgliche Formen angenommen wie in London, so daß sich die Stadtverwaltungen vor den gleichartigen schwierigen Fragen sehen. Auch die Verwendung dreiachsiger Omnibusse ist in diesem Gebiet von Paris untersagt.

Die großen Verkehrsschwierigkeiten in London und Paris ergeben sich außer dem bedeutenden Omnibusverkehr durch die große Zahl von Privatkraftwagen. In den Großstädten der Vereinigten Staaten hat diese gleiche Erscheinung ja schon dazu geführt, daß die Straßenbahnverwaltungen mit dem Hinweis darauf Verkehr zurückwerben können, daß die Beförderung innerhalb der Stadt mit den öffentlichen Verkehrsmitteln schneller und auch für den selbstfahrenden Herrenfahrer ohne die starke geistige Anspannung vor sich gehe, als dies eine Fahrt mit dem Kraftwagen gestatte. Die Übersteigerung des Kraftwagenverkehrs gibt damit den öffentlichen Verkehrsmitteln somit schon wieder ein Mittel an die Hand, für ihre Benutzung zu werben durch den Hinweis, daß sie nach der Geschwindigkeit und Wirtschaftlichkeit überlegen sind. Diese Entwicklung muß doch sehr zu denken geben und sollte Veranlassung sein, nicht zu hemmungslos in der Selbstbeförderung des Einzelnen die gesunde Entwicklung und den Fortschritt zu sehen und die Aufteilung größerer Beförderungseinheiten auf ungezählte Mengen Einzelfahrzeuge, für die die Wege nicht geschaffen werden können, weiter zu unterstützen.

Für eine Anzahl Großstädte des europäischen Festlandes mit sehr verschiedener Verkehrszusammensetzung enthält Zahlentafel 2 die zahlenmäßigen Angaben.

Von den deutschen Städten nimmt hinsichtlich des Omnibusverkehrs anteilmäßig zum Gesamtverkehr Berlin infolge der starken Vergrößerung seines Omnibusnetzes in den letzten Jahren eine führende Stellung ein, die von anderen europäischen Großstädten — mit Ausnahme von Paris und London — auch nur noch von Rotterdam nach der vorstehenden Zahlentafel 2 erreicht wird. Die Zahlen von Rotterdam umfassen nach einer Mitteilung in „De Ingenieur" 70 Millionen Fahrgäste auf der Straßenbahn und 10 Millionen auf Omnibussen und geben den gleichen Verteilungssatz wie in Berlin. Günther-Erfurt.

Sondertagung der Weltkraftkonferenz in Barcelona 1929.

Dieser Sondertagung, die vom 15. bis 23. Mai abgehalten wurde, lag das technische Programm „Vollständige Ausnutzung der Wasserläufe" zugrunde. Aus 15 Staaten lagen 96 Berichte vor, von denen allein auf Spanien 55 entfielen, das an der Tagung wegen seiner besonders gearteten Wasserquellen und seines Bedarfs an Wasser für Bewässerung in Verbindung mit Kraftausnutzung besonderes Interesse nahm. Etwa $^2/_3$ der Berichte waren den allgemeinen hydrologischen und technischen Problemen der Ausnützung, von denen wiederum mehr als die Hälfte spanische Ingenieure zu Verfassern hatten, gewidmet. Besondere Beachtung verdienen hier die auf den Ebro bezüglichen Untersuchungen. Dieser Fluß ist bei seinem dauernden, wenn auch unregelmäßigen Wasserfluß der wichtigste Wasserversorger Spaniens. Seine Eigenschaft ist seinem Ursprung in den ständig schneebedeckten Pyrenäen zu verdanken. Alle anderen Wasserläufe Spaniens sind mehr oder weniger von Regenfällen abhängig, die aber nicht in Zeiten größter Wärme auftreten, so daß Spanien unter trockenen Sommern leidet. Im allgemeinen zwingen somit die hydrologischen Verhältnisse des Landes zu Flußregulierungen mit der Anlage sehr großer Staubecken, die mit einem Fassungsraum von mehreren hundert Millionen Kubikmeter Wasser als Überspeicher bezeichnet werden und eine zweckmäßige Verteilung des Wassers über das ganze Jahr ermöglichen sollen. Sehr schwierig ist hierbei die Verteilung des Wassers auf den jeweiligen Bedarf für Bewässerung und Energieerzeugung für Industrie, Transport und Landwirtschaft, da die Bedarfzeiten und Bedarfmengen der einzelnen Nutznießer verschieden liegen, sich sogar gegenseitig hindern können. Dann ist dem wechselnden Zufluß des Wassers Rechnung zu tragen, so daß die Staubecken manchmal nicht nur der Wasseransammlung, sondern auch dem Schutz gegen Wasser dienen müssen. Diese mannigfachen Zwecke der Staubecken erschweren eine Berechnung ihrer Wirtschaftlichkeit ungemein.

Das Schweizer Komitee ist auf Grund eines Baseler Beschlusses mit dem Studium der Weltwasservorkommen, besonders im Hinblick auf die Energieausnutzung beschäftigt, Normen zur Bestimmung des Wasserabflusses unterliegen z. Z. dem Studium anderer nationaler Komitees. Auch ein großer Teil der Berichte befaßte sich mit dem Studium der hydrologischen Quellen in den einzelnen Ländern zur Energieausnutzung. Aus Deutschland lag der Bericht von Th. Freytag und H. Dreyer „Ausnutzung der Gewässer" vor. Aus der Schweiz teilte der Bericht von A. Härry mit, daß Ende 1927 von den auf acht Millionen PS geschätzten Wasserkräften 2,1 Mill. PS ausgebaut und rund 430000 PS im Ausbau waren. Im Jahre 1928 wurden 5,3 Milliarden kWh erzeugt, von denen rund 1 Milliarde ausgeführt wurde. Der Verbrauch je Kopf der Bevölkerung betrug ohne Energieausfuhr im Jahre 1928 rund 1080 kWh.

Von O. Walch lag ein Bericht „Entwurf und Ausführung von Wasserkraftanlagen mit künstlichen Speicherbecken" vor, in dem insbesondere auf die mit Hochdruckpumpen-Anlagen ausgestatteten Wasserkreislauf-Stauweiher (Hochspeicher) eingegangen wird, die sich in den natürlichen Wasserlauf einbauen oder mit gewöhnlichen Stauweihern verbinden lassen, um zur Spitzendeckung zu dienen. In Deutschland sind solche Anlagen noch wenig entwickelt, während in Italien heute bereits 135 Stauseeanlagen bestehen. Im weiteren werden der Bau der Staumauern in Hinsicht auf Form, Material, Dränage usw., wie die Probleme der Druckstollen und die maschinellen Einrichtungen der Zentralen erörtert und es wird auch auf den Erfolg hingewiesen, den man mit der Verwendung derartiger Anlagen in Dampf-Überlandzentralen neuerdings erreicht hat. Die spanischen Berichte befassen sich vornehmlich mit den Bauwerken im Niederschlagsgebiet des Ebro. Besondere Hervorhebung verdient noch der Bericht über die Dnjprwasserkraftanlage in der Nähe von Zaporoschje, die die bedeutendste in Europa und eine der größten der Welt ist. Das Gefälle beträgt 38 m und die Wassermenge 20400 m³/sek. Das Wehr ist 760 m lang und dämmt ein Volumen von 700000 cbm Wasser ab. Das Maschinenhaus ist für zehn Einheiten von je 80000 PS angelegt. Die erzeugte elektrische Energie wird durch 110 kV und 220 kV Hochspannungsleitungen zu den Eisenhütten, chemischen Werken und Pumpen-Bewässerungsanlagen geleitet. Die Gesamtkosten des ersten Ausbaus mit 480000 PS beliefen sich auf 203 Millionen Rubel. In Spanien ist eine ähnliche Anlage im Flußlauf des Guadalquivir geplant, um diesen von Sevilla bis Cordoba weiter schiffbar zu machen und elektrische Energie zu erzeugen.

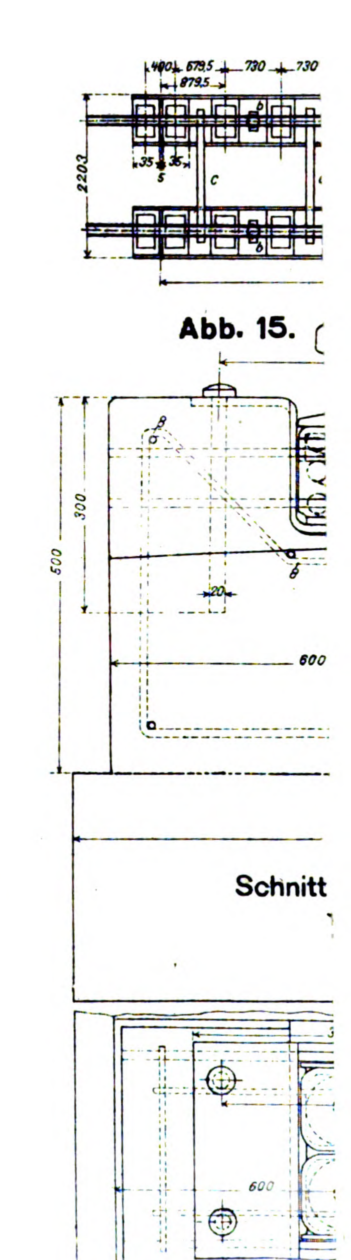
In der Aussprache über wirtschaftliche und finanzielle Fragen traten besonders die Bedürfnisse Spaniens in der Wasserausnutzung in Erscheinung, das den Hauptzweck seiner Staubeckenanlagen in der Bewässerung zur Förderung seiner Landwirtschaft sieht. Gleichzeitig soll diese durch Lieferung elektrischer Energie unterstützt werden, die ihr in Verbindung mit den Anlagen der Industrie und des Transports aus Wasserkraftwerken im Anschluß an die Staubecken preiswert zugeleitet wird. Die Bewässerung geht dabei allem anderen Bedarf voran. Die Berichte gaben zum Teil einen Überblick zu der Entwicklung der hydroelektrischen Energie in den verschiedenen Ländern. Im allgemeinen schreitet die Verwendung elektrischer Energie stark fort und eine Sättigung des Bedarfs liegt noch in weiter Ferne, so daß sich sehr große Aussichten für die Erzeugung elektrischer Energie bieten. Auch der Bedarf der Landwirtschaft an elektrischer Energie nimmt durch die Zunahme der Verbrauchsmöglichkeiten ständig zu und nach dem auf der Tagung vorgelegten Bericht von A. Petri „Elektrizität in der Landwirtschaft" dürfte sich dieser Verbrauch in Deutschland im Laufe der nächsten 10 Jahre vervierfachen. Przygode.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.

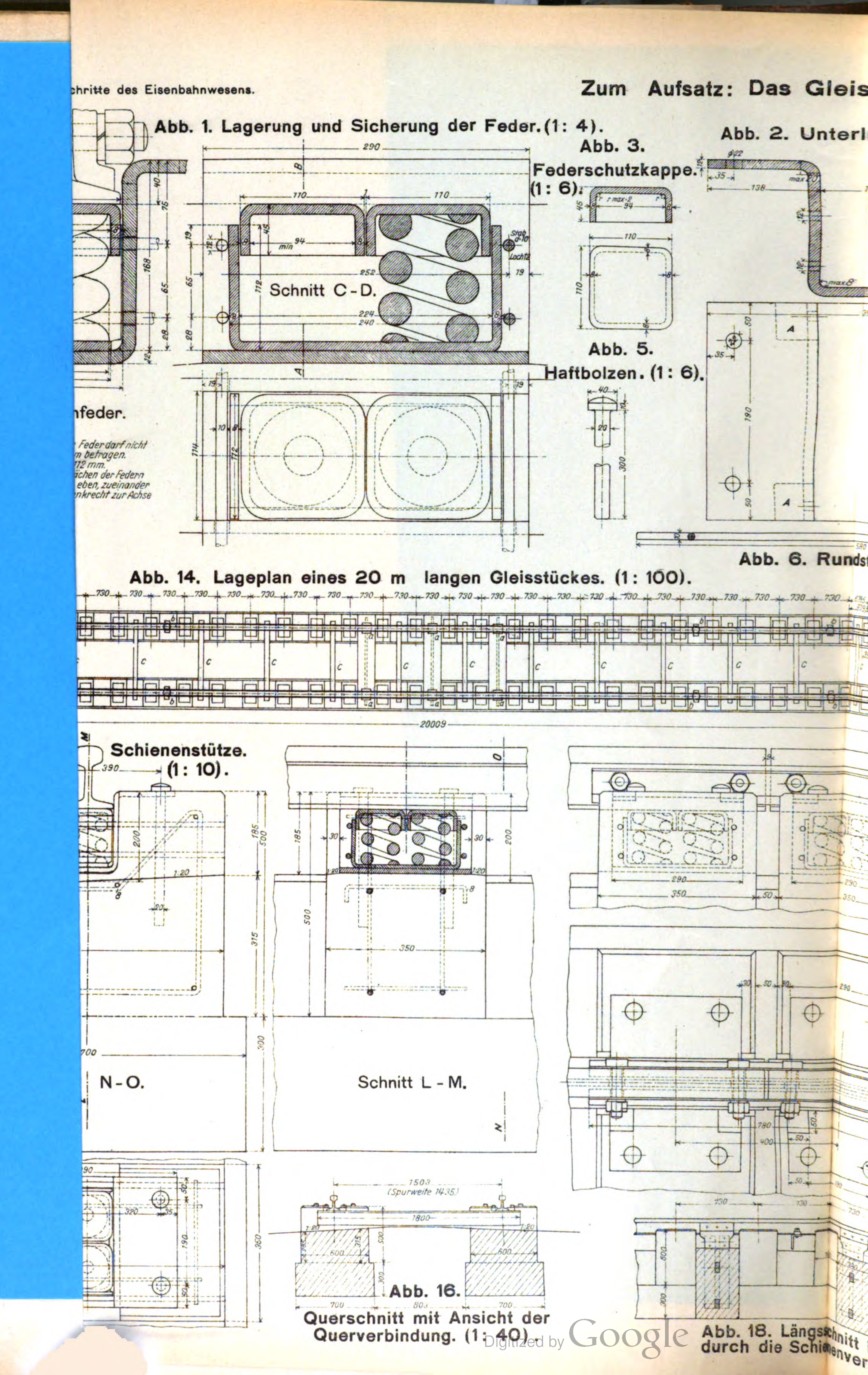
Schnitt A - B.

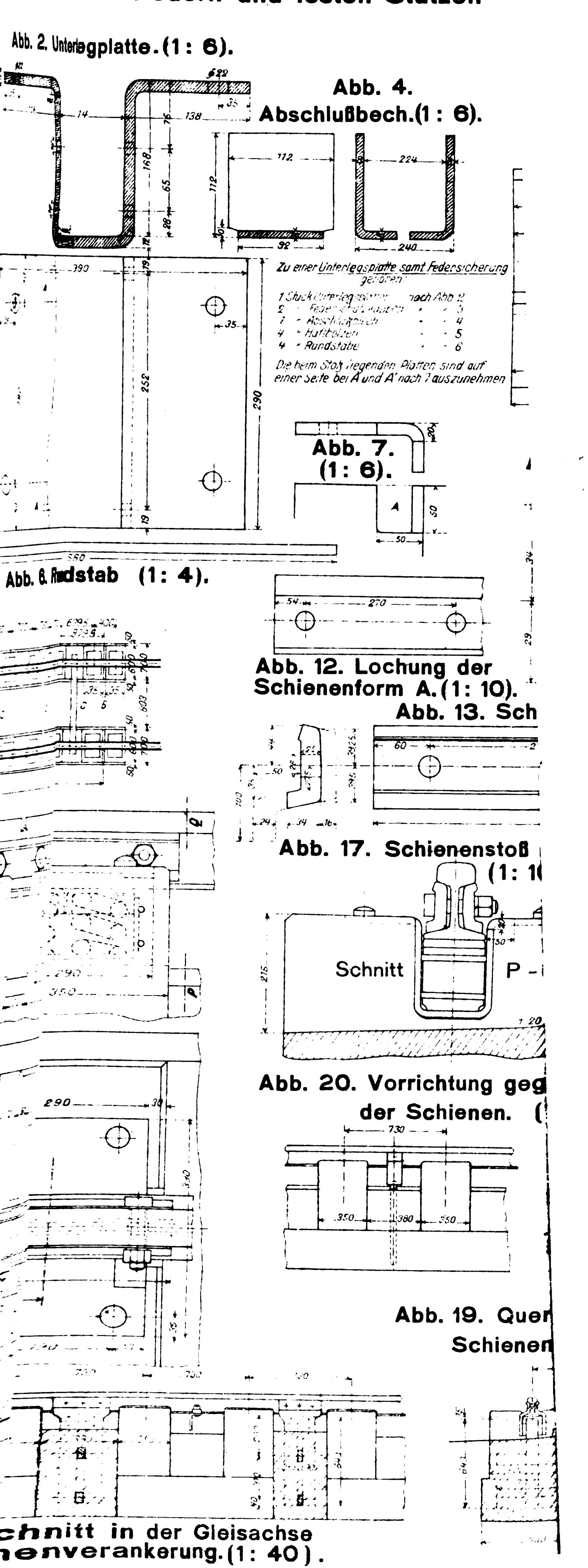
Schrauben

Die äußere Breite der
mehr als b max. 90 m
Die Höhe h · 109 ·
Die beiden Auflagerf
müssen vollkommen
parallel und genau se
der Feder sein.



C. W. Kreidel's


Abb. 1. Lagerung und Sicherung der Feder. (1: 4).
Schnitt C - D.
Abb. 2. Unterl
Abb. 3.
Federschutzkappe. (1: 6).
Abb. 5.
Haftbolzen. (1: 6).
Abb. 6. Runds
nfeder.
Feder darf nicht
m betragen.
112 mm.
ichen der Federn
eben, zueinander
nkrecht zur Achse
Abb. 14. Lageplan eines 20 m langen Gleisstückes. (1: 100).
Schienenstütze.
(1: 10).
N-O.
Schnitt L - M.
Abb. 16.
Querschnitt mit Ansicht der Querverbindung. (1: 40).
(Spurweite 1435)
Abb. 18. Längsschnitt
durch die Schienenver



atz: Das Gleis auf Federn und festen Stützen
Abb. 2. Unterlegplatte. (1: 6).
Abb. 4. Abschlußbech. (1: 6).
Zu einer Unterlegsplatte samt Federsicherung gehören:
Die beim Stoß liegenden Platten sind auf einer Seite bei A und A' nach 7 auszunehmen
Abb. 7. (1: 6).
Abb. 6. Rundstab (1: 4).
Abb. 12. Lochung der Schienenform A. (1: 10).
Abb. 13. Sch
Abb. 17. Schienenstoß
Schnitt
Abb. 20. Vorrichtung geg der Schienen.
Abb. 19. Quer Schienen
chnitt in der Gleisachse
nenverankerung. (1: 40).

zahlen des Verk
und die Straß
angenommen w
vor den gleicha
wendung dreiac
untersagt.
Die große
ergeben sich au
große Zahl vo
Vereinigten St
dazu geführt, da
darauf Verkeh
innerhalb der St
und auch für d
geistige Anspan
Kraftwagen gest
gibt damit den
ein Mittel an di
Hinweis, daß sie
überlegen sind.
geben und sollte
Selbstbeförderun
den Fortschritt z
einheiten auf un
Wege nicht ges
Für eine A
mit sehr verschie
tafel 2 die zahle
Von den de
verkehrs anteil
starken Vergröße
eine führende St
städten — mit
noch von Rotte
reicht wird. Die
Mitteilung in „I
Straßenbahn un
gleichen Verteilu

feder-

Feder darf
m betragen
12 mm
ächen der Fe
eben, zuein
nkrecht zu

730

39

700

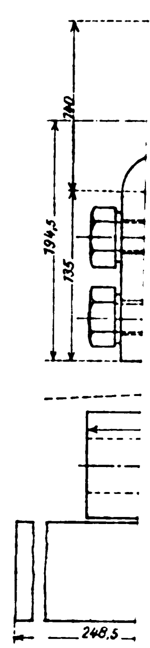
90

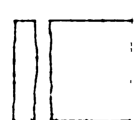
Sondertagung d

Dieser Sond
wurde, lag das t
der Wasserläufe"
vor, von denen al
wegen seiner be
Bedarfs an Wass
ausnutzung beson
waren den allgeme
der Ausnützung, v
Ingenieure zu Verf
verdienen hier die
Dieser Fluß ist bei
Wasserfluß der v
Eigenschaft ist sei
Pyrenäen zu verda
mehr oder wenige
in Zeiten größter W
Sommern leidet. I
Verhältnisse des I
sehr großer Staube
hundert Millionen
zeichnet werden u
über das ganze Jah
die Verteilung des
wässerung und En
Landwirtschaft, da
einzelnen Nutznieß
hindern können. I
Rechnung zu trage

Für die Schriftlei

Abb. 1. Vera
das Abheben







x)

Organ f

Wien

Laststell

15/16

19/20

23/24

27/28

31/32

35/36

39/40

42/44

47/48

51/52

55/56

3/4

7/8

C. W Kreic

gan für

Vien

.aststellun

15/16

19/20

23/24

27/28

31/32

35/36

39/40

42/44

47/48

51/52

55/56

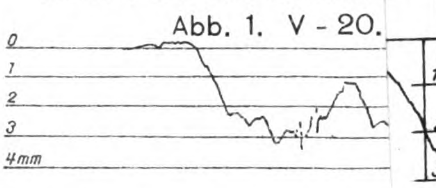
3/4

7/8

C. W Kreide

Abb. 1 bis 3. Federnob

Abb. 1. V - 20.



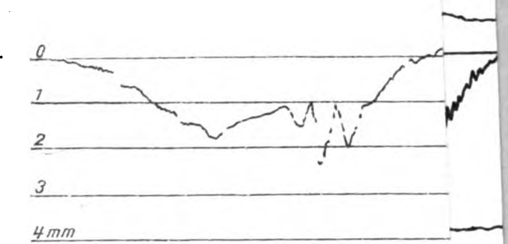


Abb. 11.

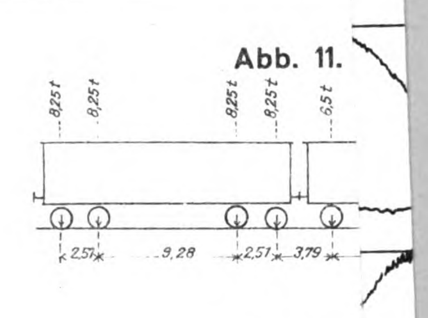


Abb. 12. V

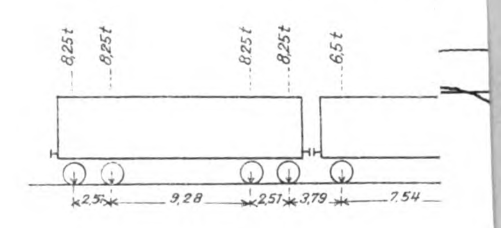
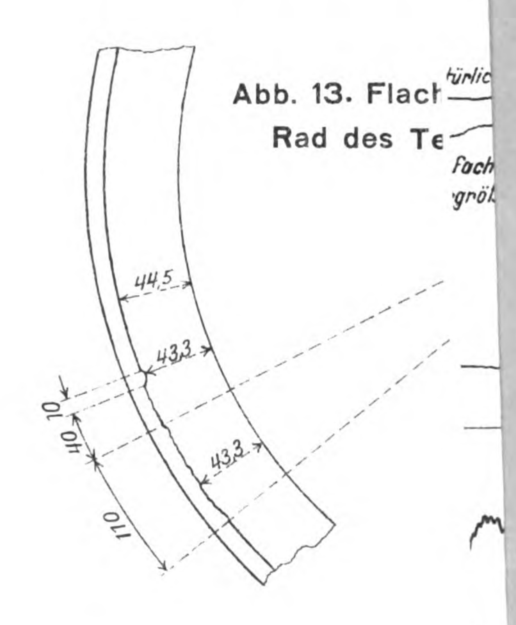
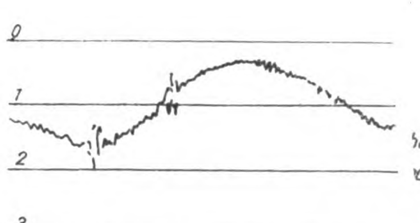


Abb. 13. Flach

Rad des Te





Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Zum Aufsatz: Das Gleis a

Senkung der Schiene zwischen zwei St

ıerbau. L 113, 14 + Tender 85,14 (Flachstelle) Hebel 4:1.

km./Std.

Abb. 2. V - 40 km./Std.

0 1 2 3 4mm

Abb. 3. V - 60 km./Std.

0 1 2 3 4mm

Abb. 4. Federnoberbau. Versuchszug 1. (Tender 85

Versuchszug 1.

6,5t 14,4t 14,2t 14,2t 14,4t 14,8t 14,7t 15,0t 14,7t 12,9t 12,7t

T 85 L 113

7,54 4,11 1,70 1,40 1,70 2,80 1,85 1,85 1,85 1,55 2,44

11,14

Abb.

0 1 2 3 4mm

/ersuchszug 2.

6,5t 8,5t 16,5t 17,7t 17,7t 17,5t 17,5t 14,6t

T 85 L 214

4,11 1,7 1,4 1,7 2,18 2,10 1,56 2,07 2,07 2,07 2,76

4,20 12,635

Abb. 6. Querschwellenobert

0 1 2 3 4mm

Abb. 7

0 1 2 3 4mm

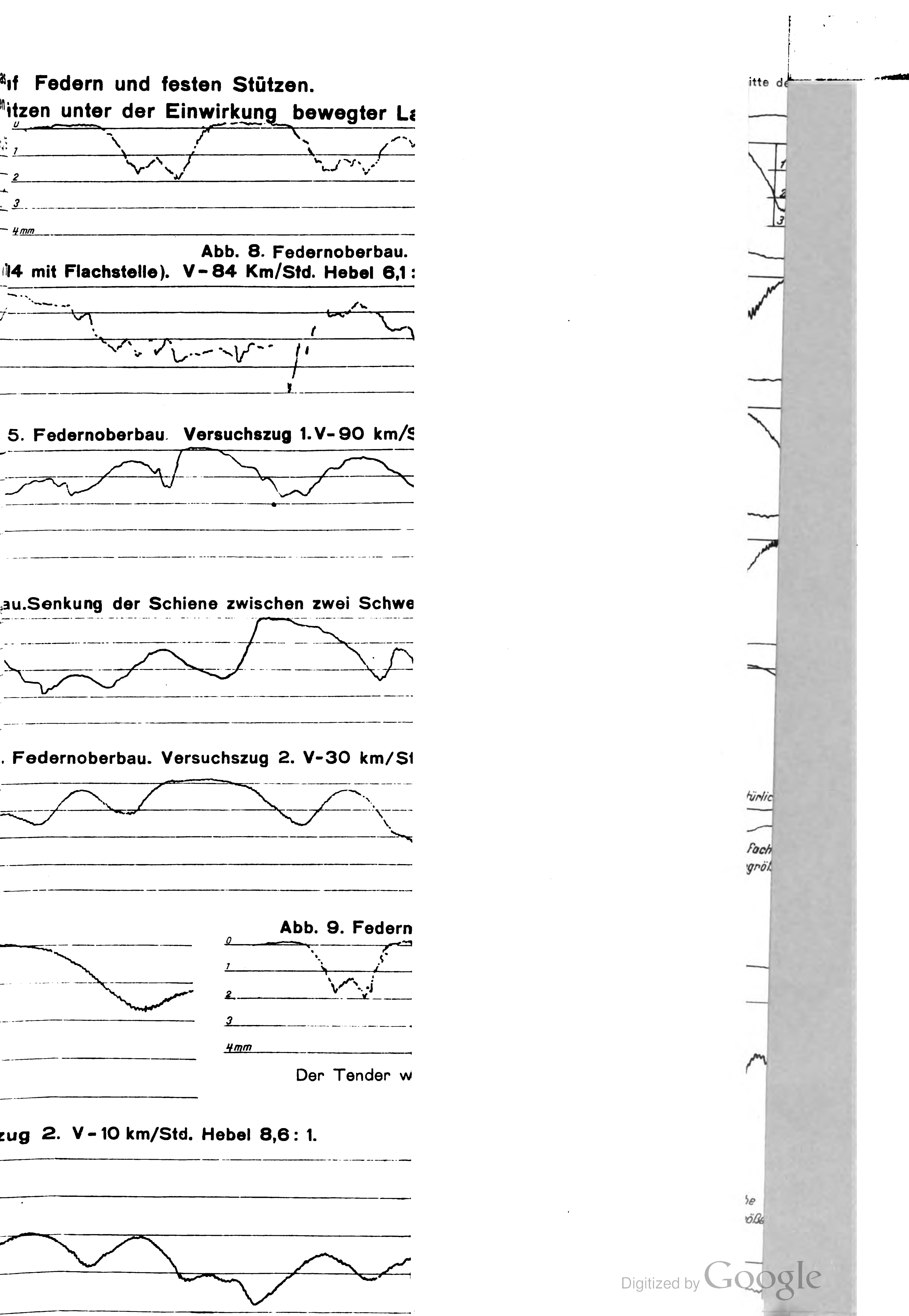
ıstelle in einem

ınders 85,14.

Fortsetzung der Abb. 10.

0 1 2 3 4mm

Abb. 10. Federnoberbau. Versuch



...uf Federn und festen Stützen.
...ützen unter der Einwirkung bewegter La...
0
1
2
3
4mm
Abb. 8. Federnoberbau.
...14 mit Flachstelle). V-84 Km/Std. Hebel 6,1:...
5. Federnoberbau. Versuchszug 1. V-90 km/S...
...au. Senkung der Schiene zwischen zwei Schwe...
. Federnoberbau. Versuchszug 2. V-30 km/St...
Abb. 9. Federn...
0
1
2
3
4mm
Der Tender w...
...zug 2. V-10 km/Std. Hebel 8,6 : 1.

nbahnwes

erbau.
km./S

Vers

7,54

ers

6,5 t

ıst
ınd

Digitized by Google

natürliche Größe

6,1 fache Vergrößerung

1
2
3

Fortsetzung von Diagramm 1.

natürliche Größe

6,1 fache Vergrößerung

1
2
3 mm

natürlic

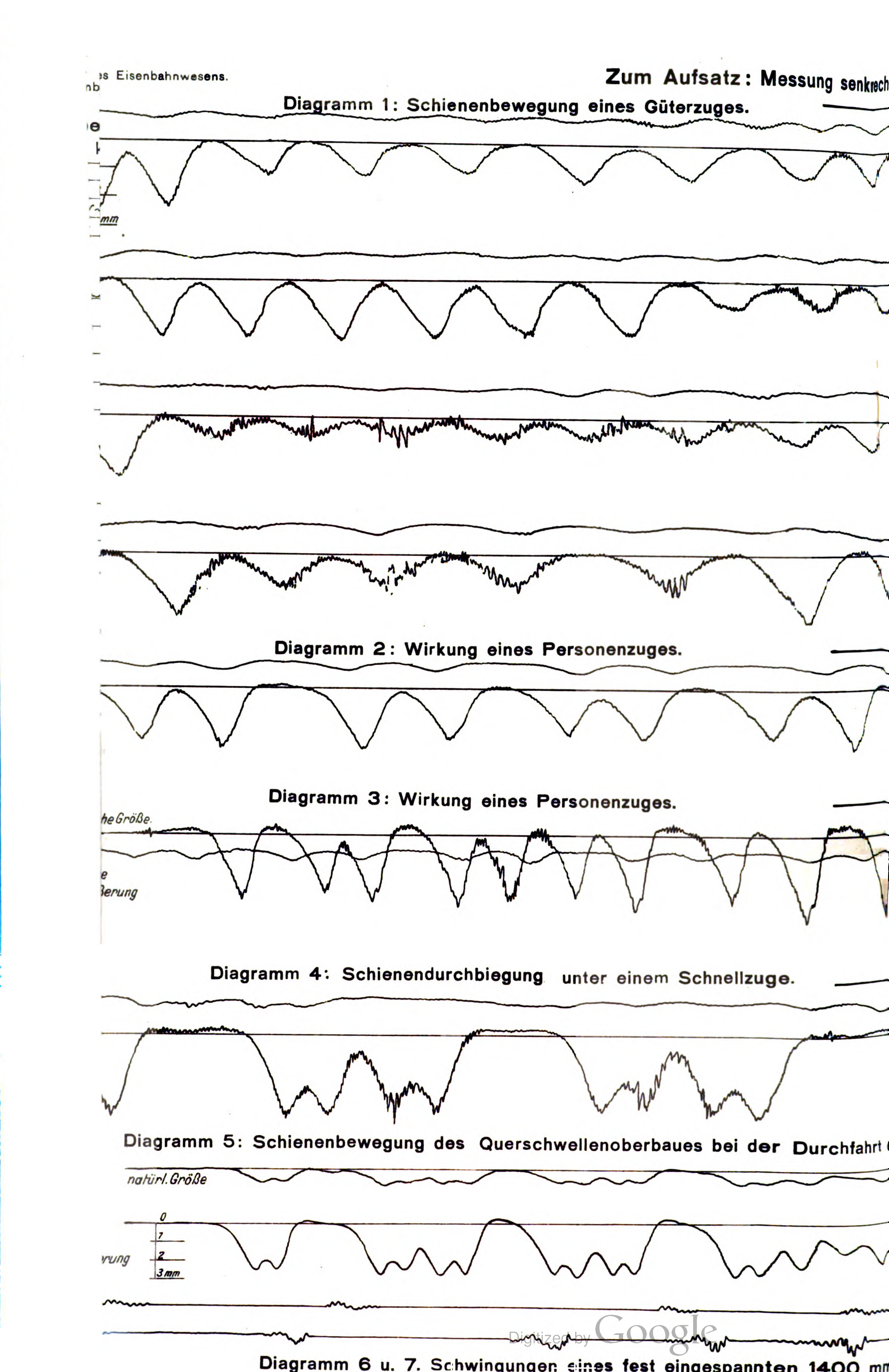
8,6 fach
Vergrö

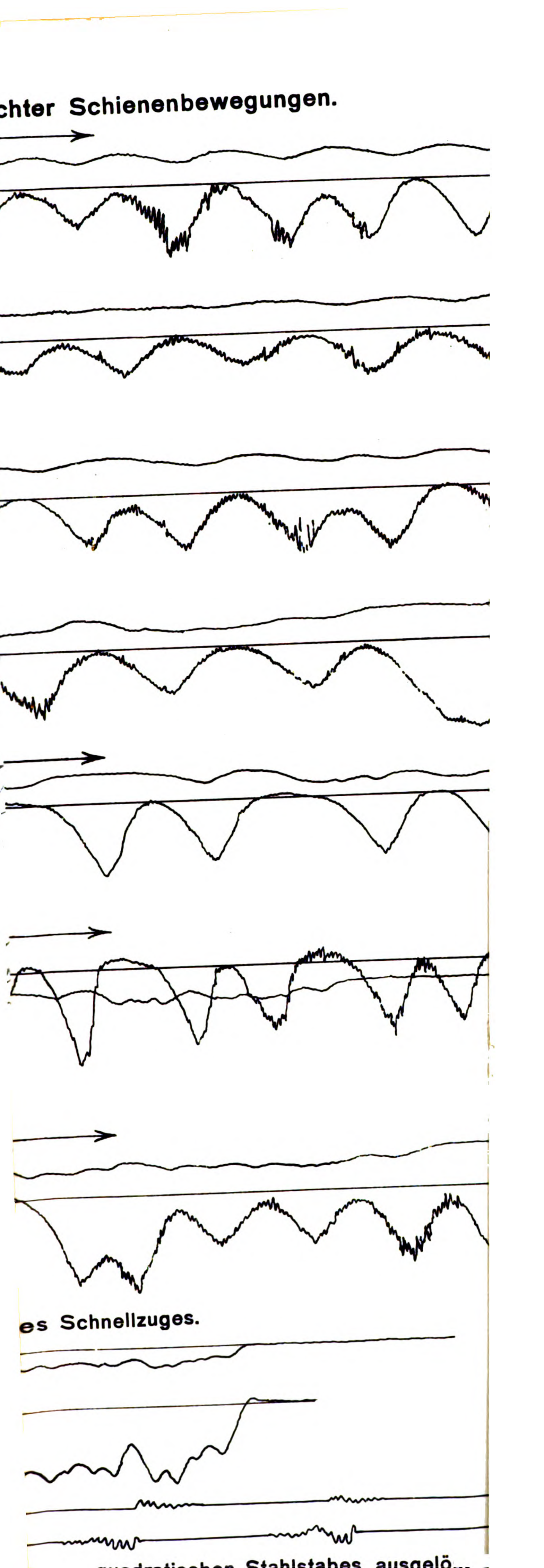
natürliche Größe

8,6 fache Vergrößerung

4 fache
Vergröße

Zum Aufsatz: Messung senkrech…




chter Schienenbewegungen.
es Schnellzuges.

1929
84. Jahrgang

Heft 22
15. November

ORGAN
FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

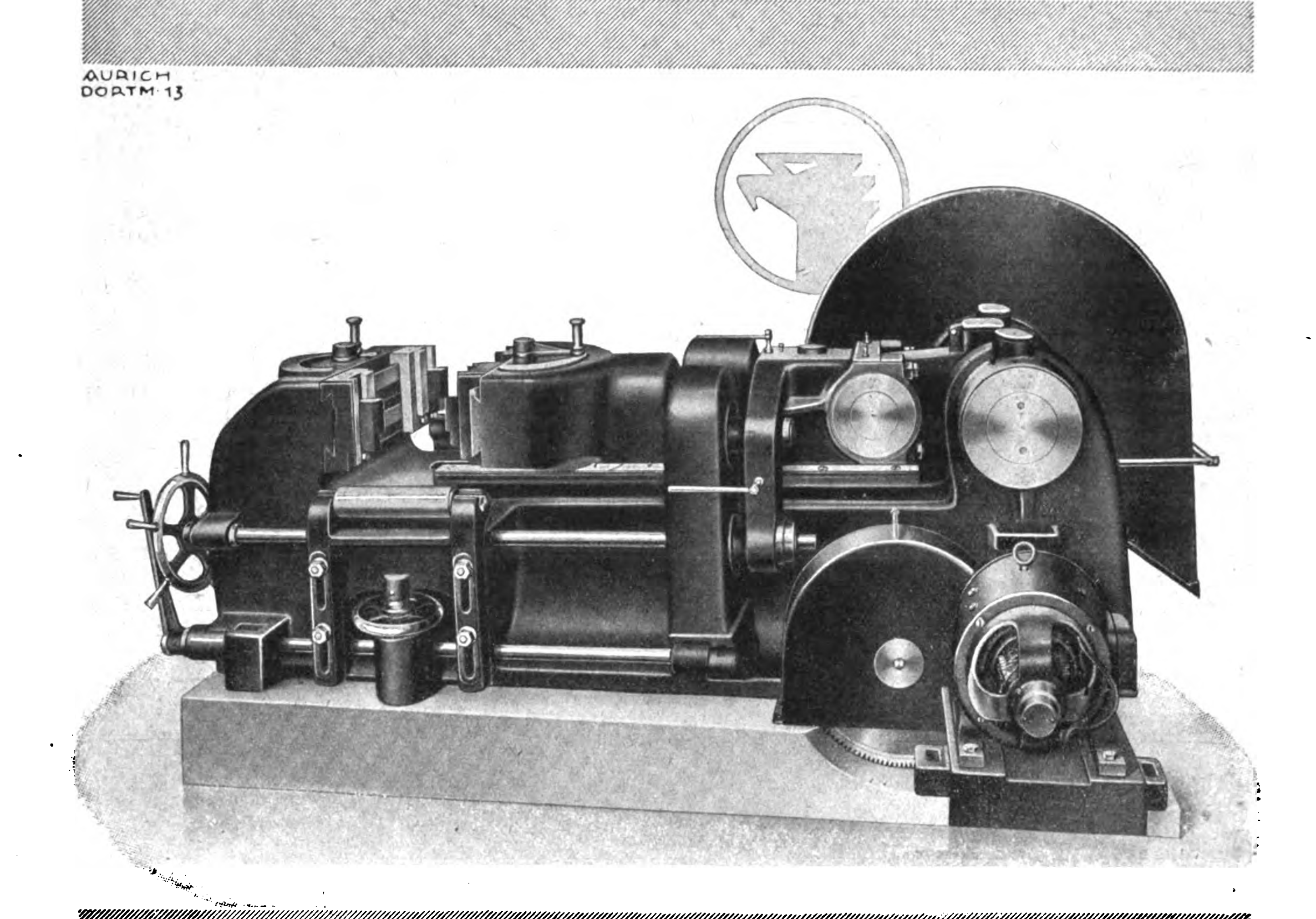
TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN
HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.

CWK

Buchbesprechungen.

WERKZEUGMASCHINEN



MASCHINEN FÜR DIE RADSATZHERSTELLUNG

WALZEN- UND SPITZEN-DREHBÄNKE

LOKOMOTIVRAHMEN — BEARBEITUNGS — UND

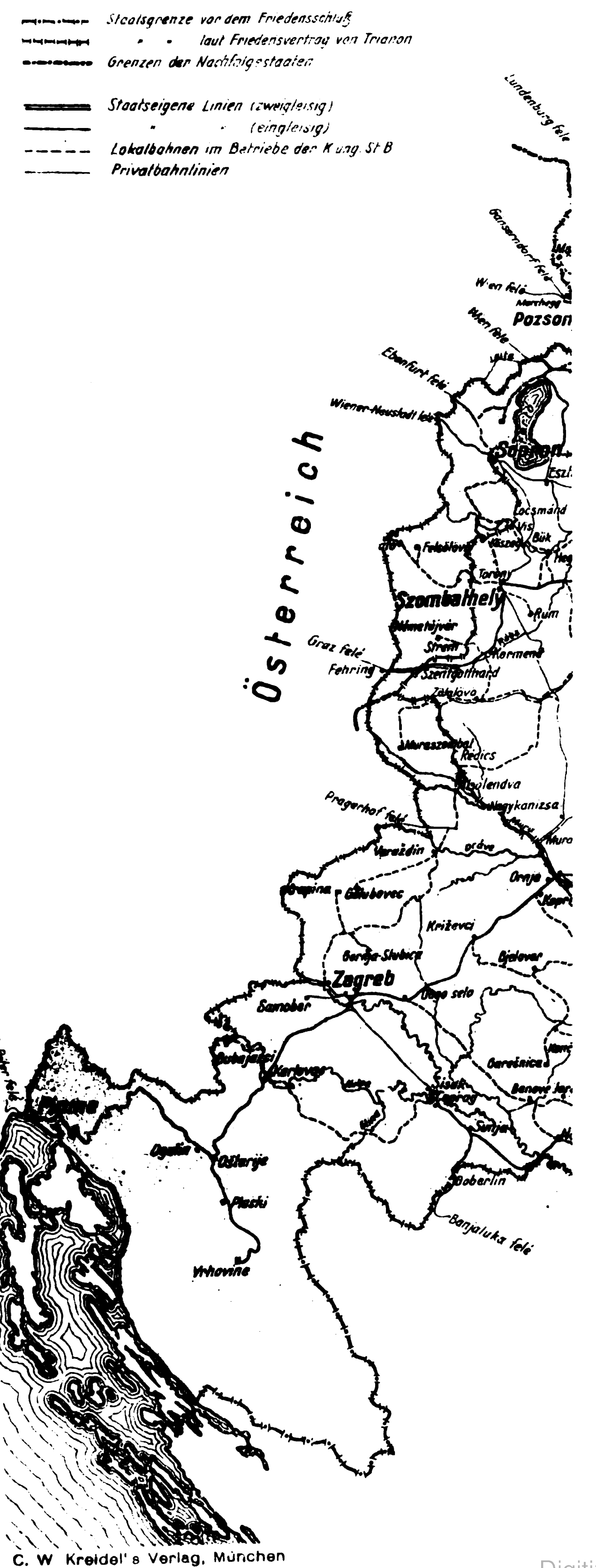
VERMESSUNGSMASCHINEN

SONDERMASCHINEN FÜR DIE FEDERNHERSTELLUNG

MASCHINENFABRIK „DEUTSCHLAND“
G·M·B·H· DORTMUND

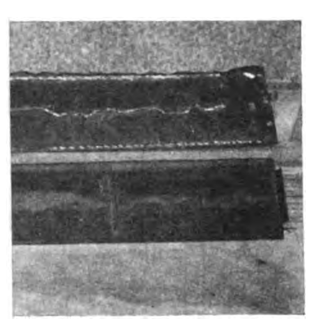
)ahnwesens
|-Verwaltungen
Ing. A. E. Bloss, Dresden
Heft 22

sbahnausbesserungswerk



C. W. Kreidel's Verlag, München

Schiene ausbildet. Ein solcher
ıter thermischer Überlastung der
längere Zeit bestehen bleiben.
r 1000 Volt mit vier Scheiden
bgeschaltet, so erhöht sich, da
prünglichen Größe abgemindert
bleibt, die Leistungsaufnahme
),33 Amp. erhöhte Stromstärke
ung für die Heizeinrichtung des
n zu bringen. Textabb. 1 zeigt



uß am geerdeten Pol, der zum
'ol hinwanderte.

er Bauart, an dem ein solcher
r Erdschluß gegen den nicht
chts) zu gewandert ist. Der in
führte und aufrecht erhaltene
unde und endete damit, daß an
ıng und der beim Abschmelzen
htbogen nicht mehr ausreichte,
zu beschädigen, der Stromfluß
er die Mittel, mit der solche
ıemehrungen unschädlich ge-
anderes Mal berichtet werden,
arren erwähnt werden, mittels
hnen im Bereich der Gruppe
hn-Gesellschaft die Leistungs-
derungen gemessen werden.
chaltbild eines solchen Meß-
bst dar. Der im Schaltbild
e Stromwandler 1000/5 Amp.
Lochkontaktreihe gehört zu
ntlichung Elektrische Bahnen
ttlerweile aber bis auf einige
spannungsheizung. Von den
Stromwandlern dargestellten
us Isolierstoff, der mittlere
toff. Die Messung geschieht,
Schaltbildes ersichtlich, mit
messenden Wagen wird der
els einer alten Sicherungs-
die am Ende der in einem
bindungsleitungen angebracht

Zum Aufsatz: Die un[...]



Abb. 1. Eisenbahnnetzkarte der kön. ungarischen Sta[...]

arischen Eisenbahnen.

Abb.

Der Ausbau des ungar

vom Jahre 1



sbahnen.

bahnwesens

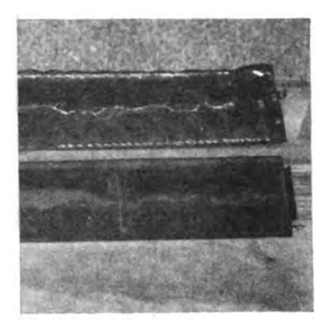
-Verwaltungen

Ing. A. E. Bloss, Dresden

Heft 22

sbahnausbesserungswerk

Schiene ausbildet. Ein solcher
iter thermischer Überlastung der
längere Zeit bestehen bleiben.
r 1000 Volt mit vier Scheiden
bgeschaltet, so erhöht sich, da
prünglichen Größe abgemindert
bleibt, die Leistungsaufnahme
),33 Amp. erhöhte Stromstärke
ung für die Heizeinrichtung des
n zu bringen. Textabb. 1 zeigt

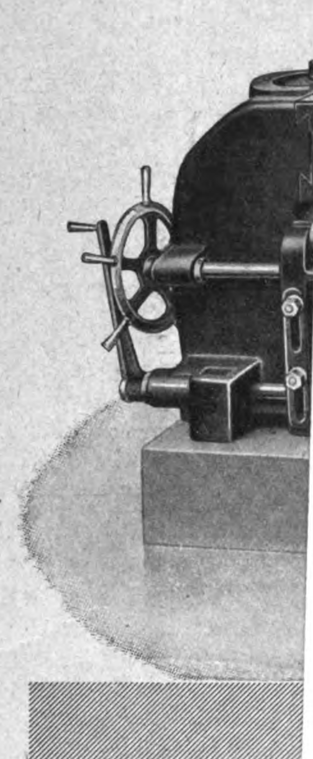


uß am geerdeten Pol, der zum
'ol hinwanderte.

er Bauart, an dem ein solcher
r Erdschluß gegen den nicht
chts) zu gewandert ist. Der in
ıführte und aufrecht erhaltene
unde und endete damit, daß an
ıng und der beim Abschmelzen
htbogen nicht mehr ausreichte,
zu beschädigen, der Stromfluß
ɔer die Mittel, mit der solche
ıemehrungen unschädlich ge-
anderes Mal berichtet werden,
arren erwähnt werden, mittels
hnen im Bereich der Gruppe
hn-Gesellschaft die Leistungs-
ıderungen gemessen werden.
chaltbild eines solchen Meß-
bst dar. Der im Schaltbild
e Stromwandler 1000/5 Amp.
Lochkontaktreihe gehört zu
ntlichung Elektrische Bahnen
ttlerweile aber bis auf einige
spannungsheizung. Von den
Stromwandlern dargestellten
us Isolierstoff, der mittlere
toff. Die Messung geschieht,
Schaltbildes ersichtlich, mit
messenden Wagen wird der
els einer alten Sicherungs-
die am Ende der in einem
indungsleitungen angebracht



AURICH DORTM 13



MASCHIN

WALZEN-

LOKOMOT

VERMESS

SONDERMA

MASCHI

G

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens
Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen
Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden
84. Jahrgang | 15. November 1929 | Heft 22

Instandhaltung der Einrichtungen für die elektrische Zugheizung im Reichsbahnausbesserungswerk Neuaubing.

Hierzu Tafel 34 und 35.

Von **August Rauch**, Reichsbahnoberrat, München.

Bei Einführung der elektrischen Zugbeförderung betraten nicht nur die Elektrotechniker der Eisenbahnunternehmungen Neuland, auch auf viele andere Fachgebiete wirkte die neue Betriebsart belebend und umstellend. Das Lokomotivpersonal mußte auf die neuen Betriebsfahrzeuge umgeschult, der Fahrplan wegen der vielfach kürzeren Fahrzeit neu erstellt werden, Bahnbau- und Unterhaltung wurden beeinflußt durch die neu zum Bahnkörper hinzugekommene Streckenausrüstung und das Betriebspersonal mußte mit der Bedienung der Streckenschaltung vertraut und über die mit den neuen Einrichtungen verbundenen Gefahrquellen eingehend unterrichtet werden. Am einschneidendsten waren die Umwälzungen auf dem Gebiete der Fahzeugunterhaltung. Nicht nur die Instandhaltung der Lokomotiven und Triebwagen erfordert eigene Instandhaltungs- und Prüfeinrichtungen, auch der gesamte Wagenpark hat durch die Einrichtung der elektrischen Zugheizung eine wichtige Ergänzung erfahren, die besondere Instandhaltungs- und Prüfeinrichtungen erfordert.

Im folgenden sollen an Hand des Laufes der Wagen durch die Werkstätten die einzelnen an der elektrischen Heizung vorzunehmenden Prüfungen und Arbeitsvorgänge kurz besprochen und anschließend daran die Prüfanlage beschrieben werden, die im RAW Neuaubing errichtet wurde. Wegen des Aufbaues der elektrischen Heizung wird auf die Veröffentlichungen Elektrische Bahnen, 1926 Heft 12, 1927 Heft 3 und 1929 Heft 6, verwiesen.

A. Lauf der Wagen durch die Werkstätten.

Die zur Untersuchung dem Werk zugeführten Wagen mit elektrischer Heizung kommen wie alle anderen Wagen zuerst in die Wagenwäscherei. Das Waschen muß aber in diesem Fall mit etwas mehr Vorsicht durchgeführt werden, als es in der Regel geschieht. Elektrische Öfen und Schalter dürfen auf keinen Fall angespritzt werden, damit nicht Wasser in das Innere eindringt und Kurzschlüsse vorbereitet. Die Öfen dürfen nur mit dem Staubsauger gereinigt werden.

Nach der Reinigung muß vor allem die Leistungsaufnahme der elektrischen Heizeinrichtungen des ganzen Wagens gemessen und mit der beim Einbau der Heizung gemessenen und in einem besonderen Wagenverzeichnis festgelegten verglichen werden, wobei natürlich die beiden Meßwerte auf die gleiche Spannung gebracht werden müssen.

Im Betrieb kann eine Verminderung und eine Vermehrung der Leistungsaufnahme eintreten. Erstere ergibt sich dadurch, daß ganze Öfen infolge Abschmelzens des Heizdrahtes am nicht geerdeten Pol sich selbst abschalten, letztere ist auf folgende nicht selten eintretende Unregelmäßigkeit zurückzuführen: Wenn in der Nähe des geerdeten Poles durch eine schlechte Isolationsstelle ein „Schluß“ zwischen der Heizwicklung und dem geerdeten Gehäuse eintritt, so wandert eine solche schadhafte Stelle in der Regel ganz langsam dem nicht geerdeten Pole zu, ohne daß zunächst die Heizung des Wagens gestört wird. Dabei wird immer mehr Heizwiderstand abgeschaltet, bis entweder eine Stromunterbrechung eintritt oder aber an einer günstigen Stelle sich ein bleibender Übergang über das Gehäuse und die Schutz-Erdleitung zur Schiene ausbildet. Ein solcher Stromkreis kann — natürlich unter thermischer Überlastung der verbleibenden Heizwicklung — längere Zeit bestehen bleiben. Ist z. B. an einem kW-Ofen für 1000 Volt mit vier Scheiden eine Scheide durch Erdschluß abgeschaltet, so erhöht sich, da der Widerstand auf $^3/_4$ seiner ursprünglichen Größe abgemindert ist und die Spannung die gleiche bleibt, die Leistungsaufnahme auf das 1,33fache, die nur um 0,33 Amp. erhöhte Stromstärke reicht aber nicht aus, die Sicherung für die Heizeinrichtung des ganzen Wagens zum Abschmelzen zu bringen. Textabb. 1 zeigt

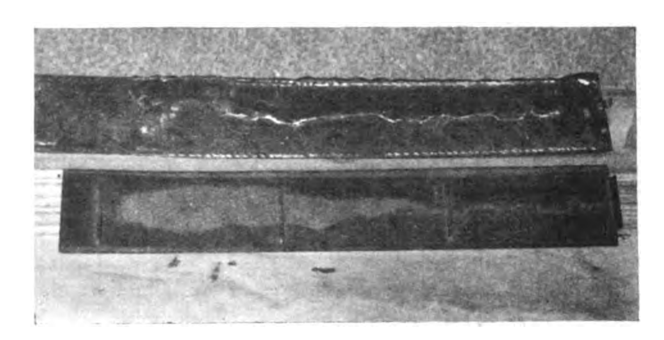


Abb. 1. Heizkörper mit Erdschluß am geerdeten Pol, der zum nicht geerdeten Pol hinwanderte.

das Bild eines Heizkörpers älterer Bauart, an dem ein solcher am geerdeten Pol entstandener Erdschluß gegen den nicht geerdeten Pol (von links nach rechts) zu gewandert ist. Der in diesem Falle planmäßig herbeigeführte und aufrecht erhaltene Vorgang dauerte ungefähr eine Stunde und endete damit, daß an einer günstigen Stelle die Spannung und der beim Abschmelzen des Heizdrahtes entstandene Lichtbogen nicht mehr ausreichte, die Isolation gegen Erde weiter zu beschädigen, der Stromfluß daher unterbrochen wurde. Über die Mittel, mit der solche unerwünschte Leistungsaufnahmemehrungen unschädlich gemacht werden können, soll ein anderes Mal berichtet werden, hier soll nur noch kurz der Meßkarren erwähnt werden, mittels dessen auf den elektrischen Bahnen im Bereich der Gruppe Bayern der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft die Leistungsaufnahmemehrungen und -Minderungen gemessen werden. Abb. 3, Taf. 35 stellt das Schaltbild eines solchen Meßkarrens, Textabb. 2 diesen selbst dar. Der im Schaltbild in der Mitte rechts dargestellte Stromwandler 1000/5 Amp. und die dazu gehörende untere Lochkontaktreihe gehört zu Messungen an der in der Veröffentlichung Elektrische Bahnen 1926 Heft 12 besprochenen, mittlerweile aber bis auf einige Probewagen verlassenen Niederspannungsheizung. Von den drei Steckern des unter den Stromwandlern dargestellten Steckschalters ist der linke aus Isolierstoff, der mittlere und der rechte aus leitendem Stoff. Die Messung geschieht, wie aus dem oberen Teile des Schaltbildes ersichtlich, mit dem Betriebsstrom; an die zu messenden Wagen wird der Meßkarren angeschlossen mittels einer alten Sicherungspatrone ohne Schmelzstreifen, die am Ende der in einem Gummischlauch gepackten Verbindungsleitungen angebracht

ist und in die Klemmen des Sicherungskastens am Wagen eingesteckt wird (s. Textabb. 2).

Nach der Leistungsaufnahme berühren die Wagen in ihrem Lauf das im Lageplan Textabb. 3 mit „Zapfstelle" bezeichnete Prüfhäuschen dessen Einrichtung später näher beschrieben werden wird, und werden von diesem aus einer Heizprobe unterzogen. Die Heizprobe wird auch bei den wenigen für Heizung mit zwei Spannungen ausgerüsteten Wagen mit 1000 Volt Wechselstrom ausgeführt, da es sich hier nur darum

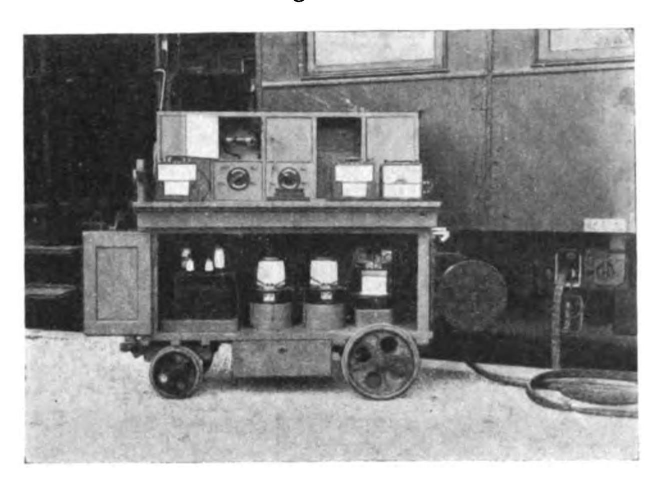


Abb. 2. Ansicht des Meßkarrens.

handelt, nach dem Ergebnis der Leistungsaufnahme offenkundig schadhafte Heizöfen herauszusuchen und abzuklemmen. Gelegentlich der Heizprobe werden auch sämtliche Schalter durchgeprüft und die schadhaften für die Werkstätte zur eingehenderen Untersuchung bezeichnet. Nach der Heizprobe werden die Betriebserdleitungen sämtlicher Öfen abgeklemmt, worauf — ebenfalls von der „Zapfstelle" aus — eine Spannungsprobe vorgenommen wird.

Die Spannungsprobe hat den Zweck, festzustellen, ob die elektrische Festigkeit der Isolation an sämtlichen Teilen der elektrischen Heizung (Kupplungen, Leitungen, Sicherungen, Schalter und Öfen) noch ausreichend ist. Die Höhe der dabei einzuhaltenden Prüfspannung ist durch die Vorschrift des Internationalen Eisenbahn-Verbandes (UIC) festgelegt und beträgt:

a) 2500 Volt bei der 1000 Volt-Ausrüstung während 5 Min.
b) 4000 Volt bei der 1500 Volt-Ausrüstung während 5 Min.

Diese Vorschrift ist auch vom Verein Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen übernommen.

Nach diesen Proben werden die Wagen den Werkstätten zugeführt, wo während der Instandsetzung des Wagenkastens und Laufwerkes auch die Teile der elektrischen Heizung, die sich bei den Proben als schadhaft erwiesen haben, instandgesetzt oder ausgewechselt werden. Die bei der Spannungsprobe von den Öfen abgeklemmten Betriebs-Erdleitungen bleiben abgeklemmt. An den Öfen werden die Gehäuse instandgesetzt, die Klemmenbretter (Anschlußtafeln) gereinigt, die Heizwicklungen und die Verbindungen der einzelnen Heizkörper unter sich und mit der Anschlußtafel geprüft und schadhafte Heizkörper (Heizscheiden) ausgewechselt. Die Scheiden, für die ebenso wie für die ganzen Öfen Einheitszeichnungen ausgearbeitet sind, werden fertig bezogen, da ihre Herstellung in den Ausbesserungswerken nicht wirtschaftlich erscheint.

Mit neuen Heizkörpern versehene Öfen müssen ebenso wie neue Öfen vor dem Einbau im Prüfhaus einer Einzelspannungsprüfung unterzogen werden, für welche die Prüfspannung vom Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen, wenn es sich um eine Betriebsspannung von 1000 Volt Wechselstrom handelt, mit 5000 Volt und wenn es sich um 1500 Volt Gleichstrom handelt, mit 6500 Volt festgelegt ist. Der Spannungsprüfung an solchen als neu anzusehenden Heizöfen hat nach dem von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft aufgestellten „Technischen Bedingungen für die Lieferung elektrischer Zugheizöfen" eine eine halbe Stunde dauernde Leistungsprüfung mit der 1,4fachen Nennaufnahme vorauszugehen. Die 1,4fache Nennaufnahme wird erreicht durch Anlegen des Ofens an die $\sqrt{1,4}$fache Betriebsspannung.

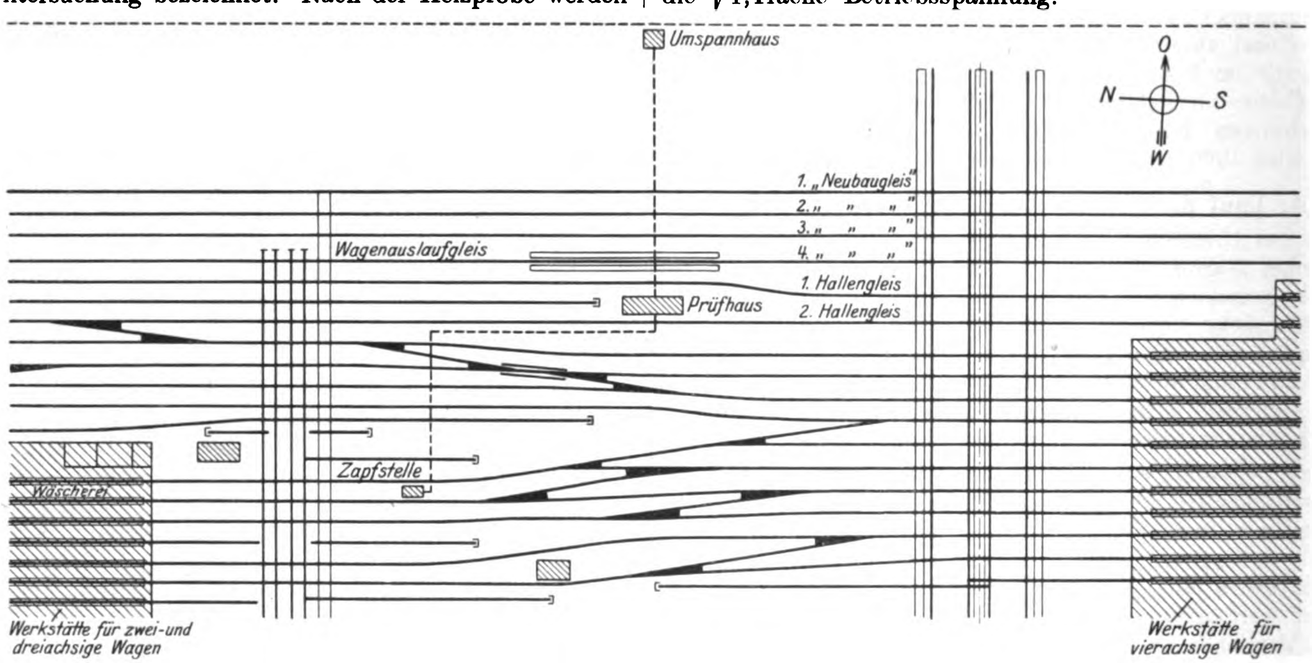


Abb. 3. Lageplan der elektrischen Zugheizungs-Prüfanlage.

An den übrigen Teilen der elektrischen Heizeinrichtung sind regelmäßig folgende Untersuchungs- und Instandsetzungsarbeiten vorzunehmen:

In den Abzweigdosen sind die Klemmschrauben nachzuziehen und die Isolierungen zu untersuchen.

An den Kupplungen sind sämtliche Verbindungen zu prüfen, die Klemmschrauben nachzuziehen, die Isolierungen zu untersuchen, Kupplungsdeckel und Klemmvorrichtung, bei der AEG-Dose auch Klauenhebelgelenke, zu ölen und zu prüfen, die Stecker sind leicht einzufetten, die Schlösser der Blinddosen

sind zu ölen und gangbar zu machen. Der Kontaktflächendruck ist zu regeln; bei den AEG-Kupplungen ist er zahlenmäßig festgelegt und mit der Federzugwage einzustellen, bei der BBC-Kupplung ist er so einzustellen, daß der Stecker von Hand gerade noch gut eingeführt und herausgezogen werden kann.

An den Sicherungskasten sind die Sicherungspatronen mit dem Induktor zu untersuchen, die Kasten zu reinigen, die Klemmschrauben nachzuziehen, die Deckelgelenke und die Befestigungsschrauben zu ölen.

An den Hauptschaltern sind der Deckel und der Schaltergriff abzunehmen, letzterer ist zu reinigen und zu ölen, die Stellschraube und die Verrieglung für den Sicherungskasten sind zu ölen und zu probieren, der Schalter selbst in „Ein"- und „Aus"-Stellung zu prüfen, die Verbindungen auf guten Kontakt zu prüfen, der Kasten zu reinigen. Die Verschalung des Gestänges zum Innenantrieb ist vollkommen abzunehmen und zu reinigen, der Innenantrieb und die Gelenke des Gestänges sind zu reinigen, zu ölen und nach dem Wiederzusammensetzen auf guten Gang zu prüfen.

Bei Wagen mit Zweispannungsheizung ist auch der Kurzschließerkasten zu öffnen, der Kurzschließer zu reinigen, zu ölen und — ohne Verstellung der Feder — auf guten Gang zu prüfen.

Die Abteilschalter sind in allen Stellungen zu prüfen, nötigenfalls auszuwechseln.

Sehr wichtig ist die ebenfalls während des Aufenthaltes der Wagen in der Werkstätte vorzunehmende Kontrolle der Betriebs- und Schutz-Erdverbindungen. Eine bestimmte Ausführungsart der Erdverbindungen kann bei der Verschiedenheit der Wagenuntergestelle nicht gut vorgeschrieben werden. Um so genauer muß die Kontrolle vorgenommen werden. Sie geschieht wohl am besten mit einem einfachen den Anforderungen des rauhen Werkstättebetriebes gewachsenen Kreuzspul-Ohmmeter, das in der Nähe der Widerstandsgröße 0,02 Ohm noch in der dritten Dezimale genaue Ablesungen gestatten muß. Als Stromquelle für dieses Ohmmeter wird beim RAW Neuaubing ein Nickelkadmium-Sammler von 2,4 Volt verwendet, der sonst als Handlaterne von den Ellok-Führern verwendet wird und zu diesem Zwecke schon sehr handlich und widerstandsfähig ausgebildet ist. Der Widerstand irgend eines Gehäuseteiles der elektrischen Zugheizung gegen Erde setzt sich zusammen aus dem Widerstand zwischen Schiene und Radkranz, dem Widerstand zwischen Radkranz und Wagenuntergestell (Lagerwiderstand) und dem Widerstand vom Gehäuseteil bis zum Wagenuntergestell. Nur der letztere ist beim Einbau der elektrischen Heizung beeinflußbar. Um ihn genau messen zu können, wird an dem Längsträger eines jeden mit elektrischer Heizung ausgerüsteten Wagens eine Messingklemmschraube angebracht, deren elektrische Verbindung mit dem Längsträger besonders gut ausgeführt sein muß. Der Bolzen der Messingklemmschraube wird deshalb ebenso wie sein Muttergewinde im Langträger verzinnt und hierauf vor dem Eindrehen nochmal nachgeschnitten.

Sowohl der Widerstand zwischen Schiene und Rad wie der Lagerwiderstand sind bei den verschiedenen Betriebszuständen außerordentlich verschieden. Zahlreiche Messungen im Betrieb haben aber ergeben, daß bei normalen Widerständen zwischen Schiene und Wagenuntergestell und bei der größten Stromstärke, die der Schalter auf der Lokomotive noch zur Heizleitung fließen läßt, ein gefährliches Potential in irgend einem Gehäuseteil der elektrischen Heizung nicht eintritt, wenn der Widerstand zwischen diesem Teil und der Erdungsklemmschraube kleiner als 0,02 Ohm ist. Dieser Widerstand ist deshalb als Höchstwiderstand für alle Schutzerdungen festgesetzt. Er gilt auch für das ganze Schutzrohrnetz, das häufig zur Erdung der Abteilschaltergehäuse herangezogen werden muß. Vorausgesetzt ist dabei, daß die Wagen mit den gewöhnlichen Gleitachslagern ausgerüstet sind. Über Kugel- und Wälzlager sind die Erhebungen noch nicht abgeschlossen. Wahrscheinlich sind bei diesen besondere Schleifringe nötig, die dem zur Erde fließenden Strom einen besonderen, das Lager umgehenden Weg schaffen.

Nach der Instandsetzung werden alle Wagen in die Nähe des in Textabb. 3 seiner Lage nach erkennbaren „Prüfhauses" gebracht und von diesem aus nochmals einer Spannungsprüfung unterzogen. Erst nach dieser Spannungsprüfung werden die Betriebs-Erdleitungen der Öfen wieder angeklemmt, worauf mindestens eine Stunde lang eine Heizprobe mit der Betriebsspannung vorgenommen wird. Seit Vollendung des zweiten Ausbaues des Prüfhauses kann dabei auch die Gleichstromseite der Zweispannungsheizungen an Gleichstrom von 1500 Volt Betriebsspannung angeschlossen werden. Letzterer muß, da die Vereinbarungen des Internationalen Eisenbahnverbandes bei Gleichstrombahnen eine Erhöhung der Fahrdrahtspannung um 20% zuläßt, zeitweise auf 1800 Volt erhöht werden. Bei den Heizproben werden auch sämtliche Schalter nochmals eingehend geprüft.

B. Prüfanlage für die elektrische Zugheizung.

I. Allgemeines.

Für die Prüfanlage stand, wie aus dem Lageplan in Textabb. 3 ersichtlich, nur ein, insbesondere in der Breite, sehr beschränkter Raum zur Verfügung. Sie wurde zunächst nur für Prüfungen an den Heizeinrichtungen für 1000 Volt Wechselstrom angelegt, da man beabsichtigte, die Heizeinrichtung für 1500 Volt Gleichstrom auf der Lokalbahn Berchtesgaden—Landesgrenze zu prüfen, die mit 1000 Volt Gleichstrom betrieben wird und bei der durch Hintereinanderschaltung eines Sammlers und einer Maschine leicht eine zwischen 1000 und 1800 Volt regelbare Spannung bereit gestellt werden kann.

Die Anlage ist außer Heizproben und Spannungsprüfungen an bereits im Betrieb gewesenen Einrichtungen auch zur Vornahme von Abnahmeprüfungen an neu gelieferten Sicherungen, Kupplungen, Schaltern und elektrischen Öfen bestimmt. Es würde zu weit führen, hier die Bedingungen für diese Einzelteile zu besprechen. Zur Erklärung des Aufbaues der Anlage muß aber angeführt werden, daß zur Prüfung, ob die Bedingungen erfüllt sind, eine Möglichkeit gegeben sein muß, den Einzelteilen eine bestimmte Leistung mit der Stromart des Betriebes und mit regelbarer Spannung aufzudrücken. Die Stromart ist von größter Bedeutung für einen Schaltvorgang und die Spannung des Fahrdrahtes schwankt infolge der wechselnden Leistungsentnahme zu sehr, als daß man in ungeregeltem Anschluß die Prüfungen vornehmen könnte.

An Abnahmeprüfungen kommen in Frage:

1. Überlastungs- und Kurzschlußprüfungen an Sicherungen;
2. Schaltleistungs- und Erwärmungsproben an Haupt- und Abteilschaltern sowie Erwärmungsproben an Kupplungen;
3. Einzelspannungsproben an den unter 2. genannten Apparaten;
4. Leistungs- und Spannungsproben an einzelnen elektrischen Zugheizungsöfen und
5. Spannungsproben an der Gesamtanlage neuer Heizeinrichtungen.

Bei den Abnahme-Spannungsprüfungen kommen nicht die vom internationalen Eisenbahn-Verband festgesetzten, sondern die vom Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen vorgeschriebenen, im Vorstehenden ebenfalls schon genannten Spannungen von 5000 bzw. 6500 Volt zur Anwendung.

Die für die Prüfung erforderliche elektrische Energie soll später nach Elektrisierung der Ein- und Ausfahrtgleise des Werkes dem Fahrdraht der Werkgleise entnommen werden.

Vorerst wird sie dem Fahrdraht der Strecke München—Herrsching entnommen und mittels einer auf Holzmasten verlegten behelfsmäßigen Leitung vom Bahnhof Neuaubing bis zum Umspannhaus geführt. Die 15000 Volt-Leitung kann in der Nähe des Bahnhofs Neuaubing mittels eines Masttrennschalters von der Fahrleitung abgeschaltet werden. Im Umspannhaus wird sie auf die normale Heizspannung gebracht und mittels Kabel dem Prüfhaus zugeführt. Im Prüfhaus ist eine Sammelschiene (Heizungssammelschiene) angeordnet, an die außer mehreren Prüfstellen ein Regeltransformator angeschlossen ist. Über den Regeltransformator und einen Transformator mit festem Übersetzungsverhältnis wird die Energie zugeführt entweder

a) einer Leistungsprüfmaschine, deren Spannung je nach Schaltung der Transformatoren auf 1000 $\pm$ 260 Volt oder
b) einer Spannungsprüfmaschine, deren Spannung in beliebiger Höhe bis 10000 Volt eingestellt werden kann.

II. Umspannhaus.

Die 15000 Volt-Leitung wird vom Abspannmast über einen senkrechten Dacheinführungsisolator in das Umspannhaus



Abb. 4.
Ansicht des Umspannhauses mit geöffneter Transformatorenzelle.

und dann über einen Trennschalter, einen Stromwandler und einen Ölschalter zum Transformator geführt. Letzterer ist von der gleichen Bauart wie die nachträglich in die Ellok. Reihe E 36 eingebauten und kann bei einem Übersetzungsverhältnis 15000/1000 235 KVA dauernd abgeben. Auf der Niederspannungsseite hat er auch Ausführungen für 800 und 600 Volt und eine Hilfsstromklemme für 200 Volt. Der Transformator ist in Sparschaltung geschaltet und liegt mit der freien Klemme der Niedervoltwicklung an Erde. Abb. 2, Taf. 35 stellt das Schaltbild und Textabb. 4 eine Ansicht des Umspannhauses mit geöffneter Transformatorenzelle dar. Außer der Transformatorenzelle ist im Umspannhaus noch ein Raum für den Ölschalter und eine Zelle für den Überspannungsschutz. In dem vorderen Teil der Überspannungsschutzzelle, der von dem Hochspannung führenden Teil durch ein Schutzgitter getrennt ist, befindet sich auch ein Strommesser und ein Zähler, der Hebel zum Einschalten und ein Handgriff zum Auslösen des Ölschalters. Die Instrumente zeigen die dem Netz entnommene Gesamtstromstärke und Gesamtleistung der Prüfanlage — auf die Oberspannungsseite bezogen — an.

Der Ölschalter, ein Lokomotiveinheitsölschalter, kann auch vom Prüfhaus aus durch ein elektrisch gesteuertes Ventil mit Druckluft eingeschaltet und durch Unterbrechung des Stromkreises für die Nullspannungsauslösung ausgeschaltet werden.

Auf den Transformator sind drei Schütze aufgesetzt, mit denen durch elektrische Fernbetätigung vom Prüfhaus aus die drei Heizstufen 1000, 800 und 600 Volt wahlweise eingestellt werden können.

Vom Umspannhaus führen zwei parallel geschaltete Kabel von je 95 mm^2 Cu und ein zehnadriges Kabel für die Hilfs-



Abb. 5. Ansicht des Prüfhauses.

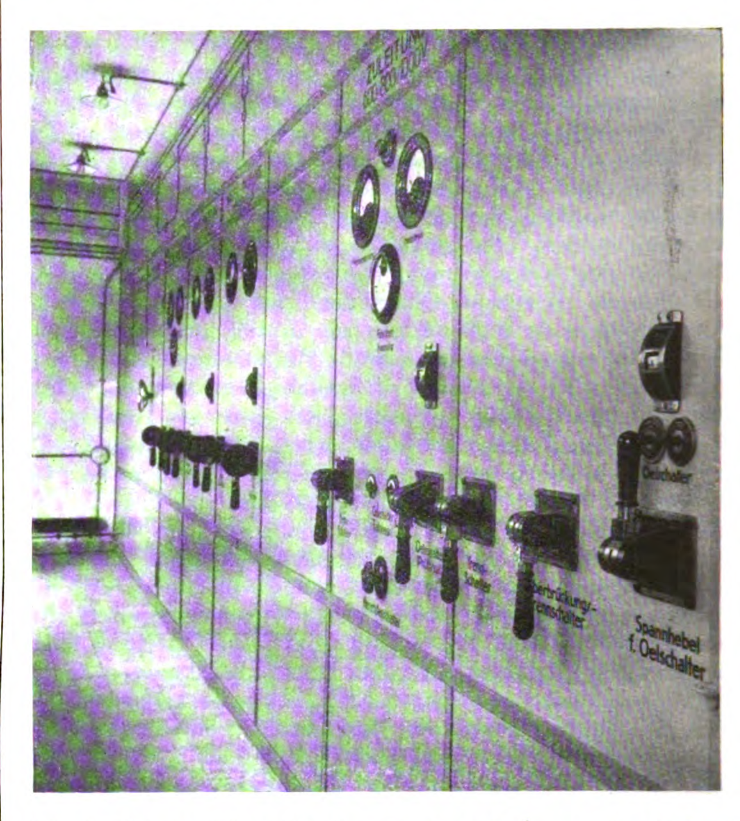


Abb. 6. Schalttafel im Schaltraum des Prüfhauses. (1. Ausbau).

stromleitung in einem Kabelkanal zum Prüfhaus. Sämtliche Einrichtungsgegenstände des Umspannhauses wurden von der AEG geliefert.

III. Prüfhaus im ersten Ausbau.

Textabb. 5 stellt die Außenansicht, Abb. 2, Taf. 34 den Grundriß des Erdgeschosses, Abb. 1, Taf. 34 ein Schaltbild und Textabb. 6 die Hauptschalttafel des Prüfhauses nach dem ersten Ausbau dar. Der erste Entwurf der Schaltung ist vom Verfasser angegeben, in den Einzelheiten ausgearbeitet und geliefert wurde die Einrichtung des Prüfhauses von Voigt & Haeffner. Das Erdgeschoß des Prüfhauses besteht aus zwei Teilen, dem „Schaltraum“ und dem „Ofenprüfraum“,

die durch einen kleinen Aufenthaltsraum voneinander getrennt sind. Der Schaltraum enthält die Schaltanlage und die Apparate für die Leistungszuführung, die Prüfung der Sicherungen, die Anschlüsse zum Prüfen der Wagen und die Umspanner zum Regeln der Spannung. Der Ofenprüfraum dient hauptsächlich der Prüfung der Zugheizungsöfen. Die Schaltanlage besteht aus neun Zellen, die in der Mitte des Schaltraumes aufgestellt sind, nach Osten zu die Schalttafeln tragen und auf der Westseite (Rückseite) durch einen (gewöhnlich abgeschlossenen) Gang zugänglich sind.

Die vom Umspannhaus zum Prüfhaus führende und aus zwei parallel geschalteten Kabeln $2 \times 95\ mm^2$ bestehende Hauptleitung und das in Abb. 2, Taf. 35 mit seinen Anschlüssen deutlich dargestellte zehnadrige Steuer- und Meßkabel kommen in Zelle 2 an.

Die Hauptleitung wird über einen Trennschalter und einen Ölschalter, der Höchststrom- und Nullspannungsauslösung hat, der Heizungssammelschiene, die oberhalb der Zellen 2 bis 6 verläuft, zugeführt. Die Nullspannungsauslösung hat vor allem den Zweck, den Ölschalter der Zelle 2 in die „Aus"-Stellung zu bringen, wenn der Ölschalter im Umspannhaus ausschaltet oder schon von der Fahrleitung her die Spannung ausbleibt. In der Zelle 2 sind außerdem noch ein Stromwandler mit dem Übersetzungsverhältnis 300/5 und ein Spannungswandler mit dem Übersetzungsverhältnis 1500/150 eingebaut. Auf der Schalttafel der Zelle 2 (s. Textabb. 6) befindet sich eine Merklampe, die aufleuchtet, wenn der Ölschalter ausgelöst hat, der Ölschalterhebel aber noch auf „Ein"steht, ein Spannungsmesser für die Spannung der Heizungssammelschiene und ein Strommesser, der den ge-·samten für Prüfzwecke entnommenen Strom anzeigt. Unter diesen beiden Instrumenten ist ein zweiter Spannungsmesser angebracht, der, wenn der Ölschalter im Umspannhaus eingelegt ist, die Fahrdrahtspannung anzeigt.

Unter den Instrumenten sind von links nach rechts angebracht: Der Bedienungsgriff für den Trennschalter, zwei Druckknöpfe mit der Aufschrift „Ölschalter (Umspannhaus)" „Ein" und „Aus" und der Griff für den „Ölschalter (Prüfhaus)". Über dem letzteren ist eine Anzeigevorrichtung für die jeweilige Stellung des Ölschalters.

Von den beiden Druckknöpfen für die Betätigung des Ölschalters im Umspannhaus schließt der Druckknopf „Ein" beim Niederdrücken einen Stromkreis, der ein Secheronventil steuert und dadurch den Ölschalter mittels Druckluft einschaltet (vergl. Abb. 2, Taf. 35). Der Druckknopf „Aus" öffnet den Stromkreis für das Nullspannungsrelais des Ölschalters. Unter den beiden Druckknöpfen für die Ölschalterbetätigung ist das Handrad einer Schaltwalze, wie sie auch auf den Ellok. zur Fernbetätigung der Heizungsschützen verwendet werden. Mit diesem Handrad, das die Aufschrift „Heizstufenschalter" trägt, wird in der gleichen Weise wie auf der Lokomotive die gewünschte Spannung an der „Heizungssammelschiene" 600, 800 oder 1000 Volt eingestellt.

Die Zelle 1, die auf der Tafelseite mit „Sicherungs- und Schalterprüfstand" überschrieben ist, enthält außer einem Trennschalter und einem „Überbrückungstrennschalter" den Ölschalter für die Sicherungsprüfung und hat angebaut eine Prüfkammer, deren Beobachtungsfenster auf der dem Aufenthaltsraume zugekehrten Seite der Zelle liegt. Wie aus Abb. 1, Taf 34 ersichtlich, war beim ersten Ausbau die Heizungssammelschiene in die Zelle 1 eingeführt. Von ihr führte eine Leitung über einen Trennschalter zum Ölschalter. Von diesem führt eine Leitung zur Sicherungsprüfkammer und von da zu einem im Kellergeschoß aufgestellten Regelwiderstand. Der Ölschalter hat einen Kraftspeicher, d. h. beim Niederdrücken eines Betätigungsgriffes auf der Schalttafel wird zunächst nur eine Feder gespannt, die durch einen Druckknopf ausgelöst wird und den Schalter einschaltet. Der Ölschalter hat auch eine Überstromauslösespule, die aber vor Kurzschlußversuchen samt dem Stromwandler für den Strommesser durch einen besonderen Trennschalter überbrückt werden muß, da Auslösespule und Stromwandlerwicklung durch die hohen Kurzschlußströme beschädigt würden. Bei den Kurzschlußversuchen wird die Auslösung des Schalters durch ein zwischen 0 und 6 Sekunden einstellbares Zeitrelais selbsttätig herbeigeführt. Außerdem kann der Ölschalter sowohl bei Kurzschluß wie bei Überlastungsversuchen durch einen Druckknopf ausgelöst werden.

Auf der Schalttafel der Zelle 1 (Textabb. 6) sind von links nach rechts angeordnet: Der Handgriff für den vor dem Ölschalter liegenden Trennschalter, der Handgriff für den Überbrückungstrennschalter und der Spannhebel für den Ölschalter. Über dem letzteren befinden sich die beiden Ölschalterbetätigungsdruckknöpfe „Ein" und „Aus" und darüber eine Öffnung, in der eine Anzeigevorrichtung die jeweilige Stellung des Ölschalters „Ein" oder „Aus" oder, wenn die Feder des Kraftspeichers gespannt ist, „Schaltbereit" angibt.



Abb. 7. Beobachtungsstelle des Sicherungsprüfstandes.

Die gegen den Aufenthaltsraum an die Schalttafel anschließende Seite der Zelle 2 ist in Textabb. 7 dargestellt. Auf dieser Wand sind neben dem Beobachtungsfenster, dessen Schutzgitter auf dem Bilde abgenommen ist, das oben erwähnte vom Beobachtungsstand aus einstellbare Zeitrelais; darüber ein Strommesser 0 bis 150 Amp. und über diesem eine Durchleuchttafel, die nach Spannen der Schalterfeder die Aufschrift „Einschaltbereit" zeigt. Über der Durchleuchttafel ist noch ein Schauzeichen, das die jeweilige Stellung des Ölschalters angibt. Unter dem Zeitrelais sind wieder zwei Druckknöpfe „Ein" und „Aus", damit auch von dieser Seite der Ölschalter ein- und ausgeschaltet werden kann. Mit dem Drehschalter, der unter den beiden Druckknöpfen noch sichtbar ist, kann die Betätigungsleitung für die Relais der ganzen Anlage (Fremdstrom 50 Hertz) und ein später noch zu beschreibendes Schauzeichenschaltbild ausgeschaltet werden.

Unter diesen Apparaten und Instrumenten ist das Handrad zur Einstellung des im Kellergeschoß aufgestellten Belastungswiderstandes angeordnet. Der Belastungswiderstand hat im ganzen 90 Ohm und ermöglicht die Einstellung der Prüfstromstärke in 22 Stufen. In der Sicherungsprüfkammer können nach Auswechslung einer mit Klemmen für die verschiedenen Sicherungen versehenen Grundplatte auch Abteilschalter und Schaltereinsätze für Hauptschalter geprüft werden. Meistens werden aber die Schalterprüfungen im Keller vorgenommen, wo zu diesem Zwecke in die Leitung zum Regelwiderstand eine Trennstelle zum Anschluß von Schaltern oder anderen Apparaten eingebaut ist. Hauptschalter können mittels eines besonderen Gestänges gegebenenfalls auch vom Aufenthaltsraume aus bedient werden. In unmittelbarer Nähe der Trennstelle ist eine Durchleuchttafel angebracht, die durch einen besonderen Drehschalter ein- oder ausgeschaltet werden kann. Ist der Drehschalter eingeschaltet und der Ölschalter

des Sicherungsprüfstandes ausgeschaltet, so erscheint auf der Durchleuchttafel das Wort „Gefahrlos". Da aber durch Einlegen des Ölschalters im Erdgeschoß jederzeit wieder eine Gefahr für das an der Trennstelle im Keller arbeitende Personal herbeigeführt werden könnte, ist neben dem erwähnten noch ein zweiter Drehschalter (Schutzschalter) angeordnet, mit dem die zur „Ein"-Spule des Ölschalters führende Leitung unterbrochen werden kann. Das Personal ist durch Dienstvorschrift und Anschrift an dem Abschlußgitter des Schalterprüfraumes (s. Abb. 2, Taf. 34) angewiesen, vor dem Betreten des Raumes durch Betätigung des ersten Drehschalters zu prüfen, ob die Schrift „Gefahrlos" aufleuchtet und durch Verbringen des zweiten Drehschalters in die „Schutzstellung" das Einschalten des Ölschalters unmöglich zu machen, ferner, nach dem Verlassen des Raumes den Schutzschalter wieder in die Lage „Betriebsstellung" zu bringen. Schalterprüfraum und Schaltraum des Erdgeschosses sind durch ein Sprachrohr miteinander verbunden.

Da die Fahrdrahtspannung und mit ihr die Spannung der Heizungssammelschiene Schwankungen unterworfen ist, zu genauen Messungen an elektrischen Öfen und Schaltern aber eine Spannung bestimmter Höhe benötigt wird, ist ein Regeltransformator (Schubtransformator) von Koch und Sterzel*) aufgestellt, mit dem durch Handreglung einmal die Spannung einer besonderen Sammelschiene — „Leistungsprüfschiene" — in gleicher Höhe erhalten werden kann, das andere Mal über einen Transformator mit festem Übersetzungsverhältnis einer dritten Sammelschiene — „Spannungsprüfschiene". — eine beliebige Spannung bis zu 10000 Volt zugeführt werden kann.

Der Regeltransformator ist in Zelle 7 aufgestellt und über einen Ölschalter in Zelle 6 an die „Heizungssammelschiene" angeschlossen. Er gibt, wenn seine Klemme U (s. Abb. 1, Taf. 34) an 1000 Volt liegt, je nach Stellung seiner verstellbaren Sekundärwicklung als Zusatztransformator eine Spannung bis zu $\pm$ 260 Volt und bei der höchstmöglichen Spannung an der Heizungssammelschiene von 1150 Volt eine zusätzliche Spannung bis zu $\pm$ 300 Volt. Die Klemme V der Oberspannungswicklung des Regeltransformators liegt dabei an Erde.

Die Klemmen der Niederspannungswicklung u und v des Regeltransformators sind zu den Drehpunkten zweier Messer eines dreipoligen Umschalters geführt. Der Drehpunkt des dritten Messers des dreipoligen Umschalters ist ebenso wie die Klemme U des Regeltransformators an die Heizungssammelschiene (normal 1000 Volt gegen Erde) angeschlossen. Liegt der dreipolige Umschalter nach links, wie auf dem Schaltbild gezeichnet, so ist die Klemme u der verstellbaren Wicklung des Regeltransformators an Erde gelegt. Die Wicklung u v speist dann bei normaler Fahrdrahtspannung mit 0 bis 260 Volt einen in Zelle 8 aufgestellten Prüftransformator mit dem Übersetzungsverhältnis 260/10000, d. h. der an den Prüftransformator angeschlossenen „Spannungsprüfschiene" wird eine Spannung von 0 bis 10000 Volt aufgedrückt. Die Spannungsprüfschiene ist über die Felder 4, 5, 6, 7, 8 und 9 geführt; von der Zelle 9 führt eine Verbindungsleitung zum Ofenprüfraum.

Liegt dagegen der dreipolige Umschalter nach rechts, so ist die veränderliche Spannung des Regeltransformators $\pm$ 260 Volt über das linke und mittlere Messer hinter die Spannung der „Heizungssammelschiene" und auf die „Leistungsprüfschiene" geschaltet. Diese ist also regelbar zwischen 1000 — 260 Volt und 1000 + 260 Volt bzw. bei höchster Fahrdrahtspannung 1150 — 300 und 1150 + 300 Volt. Die Leistungsprüfschiene war beim ersten Ausbau, wie im Schaltbild angegeben, über die Zellen 7, 8 und 9 geführt. Auch von ihr führt aus der Zelle 9 eine Verbindungsleitung zum Ofenprüfraum.

*) Siehe E. T. Z. 1928, S. 651.

Der dreipolige Trennschalter ist mit dem Betätigungsgriff des Ölschalters in Zelle 6 auf der Tafel 6 mechanisch verriegelt, so daß der Trennschalter nur in spannungslosem Zustande umgelegt werden kann.

Die Leistung des Regeltransformators beträgt an sich 14 KVA und die des Prüftransformators 15 KVA. Die Nennleistung des Prüftransformators ist nur deshalb größer als die Nennleistung des ihn speisenden Regeltransformators, weil man Transformatoren normaler Bauart verwenden wollte. Die der Leistungsprüfschiene entnehmbare Leistung kann aber wesentlich höher sein als die Nennleistung des Regeltransformators. Sie ist begrenzt durch die Höchststromstärke 43 Amp. der Wicklung u v und beträgt demnach im Höchstfalle und 60 kW.

Wie bereits erwähnt, würde bei der höchstmöglichen Spannung an der Heizungssammelschiene von 1150 Volt die dem Prüftransformator zugeführte Spannung 300 Volt betragen, so daß in diesem Falle von 300 auf 11500 Volt übersetzt würde. Da aber die Oberspannungswicklung des Prüftransformators nur für 10000 Volt Betriebsspannung gebaut ist, ist in die Tafel der Zelle 6 in Abhängigkeit von der Spannungsprüfschiene ein Kontaktvoltmeter eingebaut, das bei einer Spannung von 10100 Volt den Ölschalter der Zelle 6 zum Auslösen bringt. Auf der Schalttafel der Zelle 6 sind außerdem noch ein Spannungsmesser für 0 bis 1500 Volt für die Leistungsprüfschiene und ein Spannungsmesser für 0 bis 12000 Volt für die Spannungsprüfschiene eingebaut. Auf der Vorderseite der Zelle 7 sitzt nur das Handrad zum Einstellen des Regeltransformators.

Die Zellen 4 und 5 enthalten die zum Prüfen von Wagen notwendigen Apparate und zwar sind an Zelle 4 die beiden an den Längsseiten des Prüfhauses angebrachten Kupplungsdosen angeschlossen, von denen eine in Abb. 1, Taf. 34 zu sehen ist. Von Zelle 5 führt ein Kabel zu einer dritten Kupplungsdose, die in ein einige Gleise weiter östlich liegendes Schutzhäuschen eingebaut ist. Die Errichtung dieses besonderen, „Zapfstelle" genannten Anschlußhäuschens war notwendig, weil die Wagen beim Einlauf in die Werkstätten das Prüfhaus nicht berühren (vergl. Abschn. A).

Die Zellen 4 und 5 haben je einen Ölschalter mit Überstromauslösung und einen Trennumschalter, mit welch letzterem der Ölschalter und damit der jeweilige Prüfanschluß entweder an die „Heizungssammelschiene" oder an die „Spannungsprüfschiene" angeschlossen werden kann, so daß der betreffenden Kupplungsdose wahlweise die normale Heizspannung oder die vorgeschriebene Prüfspannung zugeführt werden kann.

Die von den Ölschaltern zu den Kupplungsdosen führenden Leitungen sind bei ausgeschaltetem Ölschalter geerdet.

Die Schalttafeln der beiden Zellen für Wagenprüfung (4 und 5, Prüfhaus und Zapfstelle) haben außer einem Strommesser und je einem Handgriff für den Ölschalter und den Trennumschalter jede noch ein Kontaktvoltmeter. Da bei dem ersten Ausbau des Prüfhauses nur eine Prüfung von Wagen mit Wechselstromheizung von 1000 Volt; daher nur eine höchste Prüfspannung von 5000 Volt vorgesehen war, waren beide Kontaktvoltmeter so eingestellt, daß bei einer Spannung von 5500 Volt an der Spannungsprüfschiene der zugehörige Ölschalter auslöste. Damit wird verhütet, daß die Isolation der Heizeinrichtungen in den Wagen mit einer wesentlich höheren Spannung als 5000 Volt geprüft wird.

An die Leistungsprüfschiene konnten und können die Ölschalter der Zellen 4 und 5 nicht angeschlossen werden. Das ist auch nicht nötig; denn an den Wagen werden nur entweder Spannungsprüfungen vorgenommen oder Heizproben bei welch letzteren die Spannung sich möglichst betriebsmäßig verhalten, also alle Spannungsschwankungen, die im Fahrdraht auftreten, mitmachen soll. Eine Reglung der Spannung

bei Aufnahmen von Leistungen ist nur nötig bei vorschriftsmäßigen Prüfungen an elektrischen Öfen und Apparaten, also im Ofenprüfraum, im Sicherungsprüfstand und im Schalterprüfraum.

Zelle 5 (Anschluß der „Zapfstelle") hat noch eine besondere Einrichtung. Damit nämlich Irrungen bei der Bedienung der Kupplung in der Zapfstelle und des zugehörigen Ölschalters im Prüfhaus und Gefährdungen des Bedienungspersonals verhindert werden, ist der Ölschalter in Zelle 5 mit der Zapfstelle elektrisch derart verriegelt, daß er erst eingeschaltet werden kann, nachdem ein Hilfsschalter in der Zapfstelle eingeschaltet wurde. Der Hilfsschalter in der Zapfstelle muß so lange von Hand in der „Ein"-Stellung gehalten werden, bis der Ölschalter in Zelle 5 eingeschaltet ist. Erst dann erhält die Haltespule des Hilfsschalters Strom und hält den Schalter selbsttätig in der „Ein"-Stellung fest. Nach Ausschalten des Ölschalters geht der Hilfsschalter selbsttätig in die „Aus"-Stellung zurück.

Die Zapfstelle ist mit dem Prüfhaus durch Fernsprecher verbunden.

IV. Ofenprüfraum.

Der Ofenprüfraum dient hauptsächlich zur Vornahme von Leistungs- und Spannungsprüfungen an elektrischen Öfen, doch können auch Spannungsprüfungen an einzelnen anderen Apparaten vorgenommen werden. Er hat ein Schaltfeld und sechs Prüfzellen, seine Schaltung ist aus Abb. 9, sein Aufbau aus Textabb. 8 ersichtlich.

Wie schon im Abschnitt III erwähnt, führen aus der Zelle 9 des Schaltraumes sowohl von der „Leistungsprüfschiene", wie von der „Spannungsprüfschiene" Verbindungsleitungen, zum Ofenprüfraum und zwar zu einem Umschalter im Schaltfeld, durch den die Sammelschiene des Ofenprüfraumes wahlweise mit einer der beiden Prüfschienen verbunden werden kann. Die Verbindungsleitungen sind entlang der Außenwand des Bedienungsganges des Schaltraumes verlegt und durch Drahtgitter abgeschlossen. Der Umschalter im Schaltfeld des Ofenprüfraumes ist mit dem zugehörigen Ölschalter in Zelle 6 des Schaltraumes nicht verriegelt, da nur fachkundiges Personal im Prüfhause arbeitet und dieses sich von vornherein darüber klar sein muß, und sein wird, ob es Leistungs- oder Spannungsprüfungen vornehmen will. Bei Betätigung des Umschalters unter Last würde übrigens auch infolge des auftretenden Lichtbogens einer der drei vorgeschalteten Ölschalter, entweder der in Zelle 6 des Schaltraumes oder der in der Zuleitung (Zelle 2 des Schaltraumes) oder der Ölschalter vor dem Umspanner im Umspannhause, sofort auslösen.

Die Stellung des Umschalters auf Spannungs- oder Leistungsprüfschiene ist auf dem Schaltfeld durch die Anschrift „0 — 10000 Volt" bzw. „1000 ± 260 Volt" neben dem Handgriff für die Umschalterbetätigung gekennzeichnet. Auf dem Schaltfelde ist außerdem neben einem Spannungsmesser, der in Abhängigkeit von der Umschalterstellung die Spannung der Spannungsprüfschiene anzeigt noch ein schreibender Spannungsmesser angebracht, der je nach Stellung des zugehörigen Steckschalters entweder die Spannung der Leistungssammelschiene oder die Spannung der Heizungssammelschiene anzeigt.

Im Ofenprüfraum, wo nicht mit der Heiz-, sondern nur mit geregelter Spannung geprüft wird, ist es dann vorteilhaft, die Spannung der Heizungssammelschiene ablesen zu können, wenn auf der „Spannungsprüfschiene" oder der „Leistungsprüfschiene" die Spannung ausbleibt und man ohne den Raum zu verlassen, sich darüber Gewißheit verschaffen will, ob die Störung in den Spannungsregeleinrichtungen des Schaltraumes oder schon vorher (in der Fahrleitung, dem Umspannhaus oder in der Zuleitung zur Heizungssammelschiene) liegt.

Die Zellen 1 bis 6 des Ofenprüfraumes dienen zur Aufnahme der zu prüfenden Öfen oder Apparate. Oberhalb jeder Zelle ist ein Hörnerschalter mit Überstrom- und Nullspannungsauslösung angebracht, der die einzelnen Zellen mit der Sammelschiene verbindet und durch einen Griff unterhalb der die Zelle abschließenden Gittertüre bedient wird. Die Gittertüre kann nur geöffnet werden, wenn der Schalter in der „Aus"-Stellung steht.

Damit auch genaue Untersuchungen über die Leistungsaufnahme einzelner Öfen angestellt werden können, sind mit der Zelle 6 noch ein schreibender Strommesser und ein schreibender Leistungsmesser verbunden, die in einem Schrank an der den Zellen gegenüberliegenden Wand untergebracht sind.

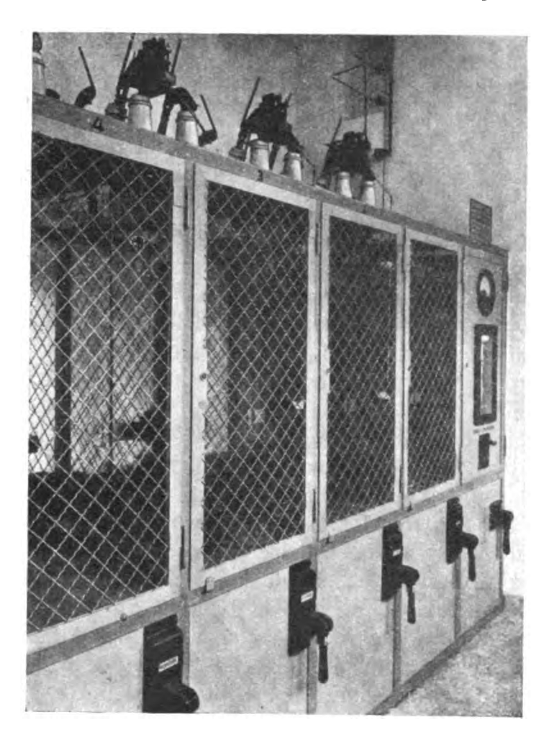


Abb. 8. Innenansicht des Ofenprüfraumes.

V. Zweiter Ausbau des Prüfhauses.

Bald nach Inbetriebnahme der Anlage stellte es sich heraus, daß die Prüfung der Wagen für 1500 Volt Spannung in Berchtesgaden doch ziemliche Nachteile hatte und es zweckmäßig wäre, wenn auch diese Einrichtungen in Neuaubing geprüft werden könnten. Gleichzeitig ergab sich das Bedürfnis, in dem Sicherungsprüfstand, bzw. dem darunter liegenden Kellerraum (Schalterprüfraum) auch Prüfungen mit Wechselstrom im Anschluß an die „Leistungsprüfschiene" und solche mit Gleichstrom bis 1800 Volt vornehmen zu können. (Schaltleistungsproben, zu denen die 1,2 fache Spannung und der 1,25 fache Normalstrom benötigt ist.) Die Anlage wurde deshalb nach Schaltbild Abb. 1, Taf. 35 ausgebaut. Vorsichtshalber war schon beim ersten Ausbau das Feld 3 der Hauptschalttafel für eine allenfallsige Erweiterung frei gelassen worden (Textabb. 6).

Durch den zweiten Ausbau wurden folgende Ergänzungen und Abänderungen notwendig:

a) Im Kellergeschoß des Prüfhauses unter den Schaltraum wurde ein von Garbe, Lahmeyer & Co. Aachen gebauter Drehstrom-Gleichstrom-Umformersatz aufgestellt, bestehend aus einem Drehstrommotor 136 PS, kurzzeitig 100% überlastbar und einer Dynamomaschine, die imstande ist, bei einer bis 1800 Volt regelbaren Klemmenspannung dauernd 75 kW und eine halbe Stunde lang 90 kW abzugeben. Die Maschine ist besonders kurzschlußsicher gebaut. Der Drehstromzuleitungs-

schalter, der Anlasser für den Motor, sowie die Regler für die Gleichstrom- und die Erregermaschine sind ebenfalls im Kellergeschoß in nächster Nähe des Umformers an der Wand angebracht, die Handräder für den Anlasser und die Regler befinden sich jedoch im Prüfraum 1 auf dem unteren Teil der Schalttafel der Zelle 3. Die Übertragung geschieht mittels Ketten. Auf der Schalttafel der Zelle 3 befindet sich auch der Handgriff für das Betätigungsgestänge des mit Nullspannungsauslösung versehenen Drehstromzuleitungsschalters und der Betätigungsgriff für den Ölschalter der Gleichstromzuführung. Eine Signallampe über dem Handgriff des Drehstromzuleitungsschalters leuchtet auf, wenn letzterer selbsttätig auslöst und erlischt erst wieder, wenn der Handgriff auf „Aus" gelegt wird.

Der Gleichstrom wird über einen in Zelle 3 aufgestellten Ölschalter mit Höchststromauslösung geführt. Der Ölschalter — ein Drehstromschalter Serie III, dessen drei Messer hintereinander geschaltet sind — hat eine an die ankommende Drehstromspannung angeschlossene Nullspannungsauslösespule; es wird also auch die Gleichstromseite des Umformers sofort abgeschaltet, wenn die Drehstromspannung ausbleibt.

Über den Schaltergriffen auf der Schalttafel der Zelle 3 sind die sämtlichen Instrumente für den Umformersatz: Spannung des ankommenden Drehstromes, Stärke des Drehstroms, Erreger-Spannung, Spannung der Gleichstrommaschine und Stärke des Gleichstromes angeordnet. Neben dem Betätigungsgriff für die Drehstromzuleitung ist noch eine Anzeigevorrichtung mit zwei Durchleuchttafeln und einem Drehschalter angebracht. Vor dem Einschalten der Drehstromzuleitung betätigt der Bedienungsmann den Drehschalter. Dann leuchtet, wenn die Schleifringbürsten aufgelegt sind, eine Tafel mit der Aufschrift „Motor einschaltbereit" auf. Sind dagegen die Bürsten abgehoben, so leuchtet die zweite Tafel auf mit der Anschrift „Nicht einschalten". Eine selbsttätige Bürstenabhebevorrichtung wurde nicht vorgesehen, weil der Bedienungsmann zwar in der Lage sein soll, den Umformersatz vom Schalttafelstand aus anlaufen zu lassen, vor und nach dem Anlassen aber sich selbst in den Umformerraum begeben soll, um die Bürsten aufzulegen bzw. abzuheben und dabei die Maschinenanlage auf ordnungsgemäßen Zustand zu prüfen. Da Gleichstrom verhältnismäßig selten benötigt wird, ist es ohne Bedeutung, wenn die Bürsten nach dem Anlaufen etwas länger aufliegen, bis der Bedienstete nach Erledigung der wichtigsten Geschäftsaufgaben im Erdgeschoß sich in den Keller begibt, um die Bürsten abzuheben. Im Keller, in unmittelbarer Nähe der Maschine, ermöglicht es ihm ein Druckknopf, im Falle einer Unregelmäßigkeit sofort den Drehstromzuleitungsschalter und den Gleichstromölschalter durch das Nullspannungsrelais auszulösen.

b) Im Schaltraum wurde zu den bereits vorhandenen drei Sammelschienen (Heizungs-, Spannungsprüf- und Leistungsprüfschiene) noch eine vierte — die Gleichstromsammelschiene — eingebaut. Diese führt über die Zellen 1 bis 4 und hat Anschlußmöglichkeiten an die Zelle 1 (Sicherungs- und Schalterprüfstand) und 4 (Wagenprüfung beim Prüfhaus).

c) Die Sammelschiene für die Leistungsprüfung, die beim ersten Ausbau nur über die Zellen 7 bis 9 des Schaltraumes geführt war, wurde über die Zellen 2 bis 9 durchgeführt.

d) Damit der Sicherungsprüfstand sowohl an die Heizungssammelschiene sowie an die Sammelschiene für Leistungsprüfung und an Gleichstrom angeschlossen werden kann, wurde zunächst in Zelle 2 ein Trennumschalter neu eingebaut, dessen Betätigungsgriff aber auf der Schalttafel der Zelle 1 angeordnet ist. Mit diesem Trennschalter — im Schaltbild Abb. 1, Taf. 35 mit 5/6 bezeichnet — kann für den Anschluß an den Sicherungsprüfstand entweder die Heizungssammelschiene oder die Leistungsprüfschiene gewählt werden. Der gemeinsame Pol dieses Trennumschalters führt zu einem zweiten Umschalter — im Schaltbild mit 3/4 bezeichnet —, mit dem an den Ölschalter des Sicherungsprüfstandes entweder der erwähnte für Leistungsprüfschiene und Heizungssammelschiene gemeinsame Pol oder die Gleichstromsammelschiene angeschlossen wird. Außerdem war es noch nötig, in die Leitung zum Ölschalter des Sicherungsprüfstandes eine Gleichstromhöchstspule einzubauen und den schon beim ersten Ausbau vorhandenen Überbrückungstrennschalter, der bei Kurzschlußversuchen die Meß- und Überstromeinrichtungen überbrückt, zweipolig auszubauen (Trennschalter 1/2 in Zelle 1 des Schaltbildes). Dieser Überbrückungsschalter ist mit dem Trennumschalter 5/6 derart verriegelt, daß er nicht eingelegt werden kann, wenn der Umschalter 5/6 die Verbindung mit der Leistungsprüfschiene herstellt, d. h. Kurzschlußversuche können wohl von der Heizungs- oder der Gleichstromsammelschiene aus vorgenommen werden, nicht aber von der Leistungsprüfschiene 1000 $\pm$ 260 Volt aus. Es ist dies deshalb nötig, weil die Wicklung u v des der Leistungsprüfschiene vorgeschalteten Regeltransformators nur für eine Höchststromstärke von 43 Amp. bemessen ist.

Die Gleichstromhöchstspule schließt ebenso wie die beim ersten Ausbau schon vorgesehene Wechselstromhöchstspule im Falle der Überlastung einen Fremdstromkreis, der den Ölschalter auslöst.

e) Der Ölschalter in Zelle 4 und die von ihm zu den Wagenprüfanschlüssen an den beiden Längsseiten des Prüfhauses führenden Leitungen müssen nach dem zweiten Ausbau nicht nur an die Heizungsammelschiene und die Spannungsprüfschiene, sondern auch an die Gleichstromsammelschiene angeschlossen werden können. Es wurde deshalb von letzterer eine Leitung über einen dritten Trennschalter und eine Gleichstromhöchstspule zum Ölschalter gelegt (Trennschalter 3 in der Zelle 4 der Abb. 13); die drei Trennschalter sind unter sich mechanisch derart verriegelt, daß immer nur ein Trennschalter eingeschaltet und daß außerdem dieser Trennschalter nur bei ausgeschaltetem Ölschalter betätigt werden kann. Die Gleichstromhöchstspule wirkt ebenso wie die Wechselstromhöchstspule unmittelbar auf die Auslöseklinke des Schalters. Dagegen wirkt das in Abschnitt III erwähnte Kontaktvoltmeter mittelbar. Wird einmal von der Spannungsprüfschiene aus beim Einlegen des Trennschalters 1 eine zu hohe Spannung auf das Kontaktvoltmeter gebracht, so schließt dieses einen über ein Hilfsrelais gehenden Stromkreis und das Hilfsrelais einen Stromkreis für die Auslösespule des Schalters. Dieses Kontaktvoltmeter mußte, da künftig für die mit Gleichstromheizung ausgerüsteten Wagen auch Spannungsproben mit 6500 Volt ausgeführt werden müssen, von 5500 auf 7000 Volt eingestellt werden.

Die Zelle 5 (Wagenprüfung „Zapfstelle") wurde an die Gleichstromsammelschiene nicht angeschlossen, auch wurde die Grenzspannung ihres Kontaktvoltmeters nicht erhöht, da, wie in Abschnitt A ausgeführt von der „Zapfstelle" aus nur die ersten Untersuchungsprüfungen an den aus dem Betriebe kommenden Wagen vor ihrer Zuführung zu den Werkstätten vorgenommen werden, zu diesen Prüfungen aber weder Gleichstrom, noch eine Spannung über 4000 Volt benötigt wird.

f) Im Ofenprüfraum wurde die Zelle 1 für die Vornahme von Leistungsprüfungen mit Gleichstrom an 1500 Volt-Öfen eingerichtet. Sie wurde zu diesem Zweck von der auf die Spannungsprüfschiene und auf die Leistungsprüfschiene zu schaltenden Sammelschiene des Ofenprüfraumes abgetrennt und mittels eines Kabels an die Gleichstromsammelschiene angeschlossen. Die Zuleitung zum Nullspannungsrelais des Hörnerschalters der Zelle 1, das wie die der übrigen Zellen an eine fremde Stromquelle angeschlossen ist, wurde über einen Kontakt am Ölschalter der Zelle 3 des Schaltraumes

geführt, so daß der Hörnerschalter auslöst, wenn der Ölschalter in Zelle 3 (Gleichstromzuführung) fällt oder die Spannung von der fremden Stromquelle ausbleibt.

g) Die Erweiterung machte auch eine Ergänzung des über den Schalttafeln des Schaltraumes angebrachten Schauzeichenschaltbildes, das die jeweilige Stellung der Öl-, Um- und Trennschalter angibt, notwendig. Das Schauzeichenschaltbild des zweiten Ausbaues ist in Abb. 3, Taf. 34 dargestellt. Es wird ebenso wie die meisten Relais von einer Hilfsstromquelle gespeist. Die Schauzeichen sind im Zuge der Leitungen angeordnet und stehen bei eingeschaltetem Schalter in Richtung der Leitungen und bei ausgeschaltetem Schalter senkrecht hierzu. Die Ölschalterschauzeichen sind rot und haben einen schwarzen Frontring, während die Trennschalterschauzeichen schwarz sind und wegen des fehlenden Frontringes kleiner erscheinen.

Die einzelnen Leitungen sind mit verschiedenen Farben bezeichnet und zwar ist in möglichster Anlehnung an die Farbentafel des VDE die Zuführungsleitung für den Heizstrom und die Heizungssammelschiene gelb, die Leistungsprüfschiene violett, die Spannungsprüfschiene blau, die Gleichstromleitung rot, die Erdungsschiene (hier Betriebsstrom führend) schwarz-grün. Leitungsteile, die je nach der Stellung der Schalter verschiedene Stromarten führen können, sind abwechselnd mit diesen Farben bezeichnet. Mit den gleichen Farben sind auch alle blanken Leitungen hinter der Schalttafel gekennzeichnet, so daß Verwechslungen unmöglich sind.

h) Gleichzeitig mit den vorgenannten Arbeiten wurde auch die Verrieglung zwischen den Öl-, Um- und Trennschaltern vervollkommnet. Beim ersten Ausbau war man von der Ansicht ausgegangen, daß in dem Raum, in dem nur Fachpersonal beschäftigt ist, eine Verrieglung zwischen einem Ölschalter und dem normal dazu gehörenden Trennschalter nicht nötig sei. Es wurden daher nur Verrieglungen vorgesehen zwischen Öl- und Umschalter in den Zellen 4, 5 und 6. Beim zweiten Ausbau jedoch, bei dem sich die äußerlich gleichen Schaltergriffe mehrten, wurden, wie teilweise bereits in den Abschnitten d und e erwähnt, auch die Trennschalter auf den Schalttafeln 1, 2 und 6 mit den zugehörigen Ölschaltern derart verriegelt, daß sie nur bei ausgeschaltetem Ölschalter bedient werden können. Die Verrieglungen befinden sich sämtlich auf der Vorderseite des Schaltfeldes. Textabb. 9 stellt, um ein Beispiel zu zeigen, die Verrieglung auf Schaltfeld 4 dar. Mittels des Griffes a kann, wenn er nach unten liegt, die Verrieglungsstange b, die immer nur die Bedienung eines Trennschalters zuläßt, so verschoben werden, daß der für die gewünschte Sammelschiene zuständige Trennschalter betätigt werden kann. Der Ölschalter kann, solange der Griff a nach unten liegt, nicht eingeschaltet werden. Wird der Griff a nach oben gelegt, so werden durch die Stange b die Trennschalter in ihrer Lage festgehalten, dagegen der Ölschalter für die Betätigung freigegeben. Wird hierauf der Ölschalter eingeschaltet, d. h. sein Handgriff nach oben gelegt, so kann der Griff a nicht mehr nach unten gelegt werden, d. h. die Trennschalter sind in der gewählten Lage so lange verriegelt, als der Ölschalter eingeschaltet ist.

In Textabb. 9 sind die Wagenprüfstellen am Prüfhaus auf die Heizungssammelschiene (600/800/1000 Volt) geschaltet. Eine andere Schaltung kann erst gewählt werden, wenn der Ölschalter ausgeschaltet und der Griff a nach unten gelegt ist.

i) Ferner wurde gelegentlich des zweiten Ausbaus der Belastungswiderstand im Keller durch einen aus Heizkörpern zusammengesetzten Widerstand für Feineinstellung ergänzt. Dieser wird von der Beobachtungsseite des Sicherungsprüfstandes aus motorisch fernbetätigt.

VI. Bewährung der Prüfanlage.

Der erste Ausbau der Anlage wurde Ende 1927, der zweite Ende 1928 in Betrieb genommen. Die Anlage hat einem dringenden Bedürfnis abgeholfen und sich bis jetzt sehr gut bewährt. Besonders zu erwähnen ist ihre Vielseitigkeit und die weitgehend aufrechterhaltene Unabhängigkeit einer Prüfart von der anderen.

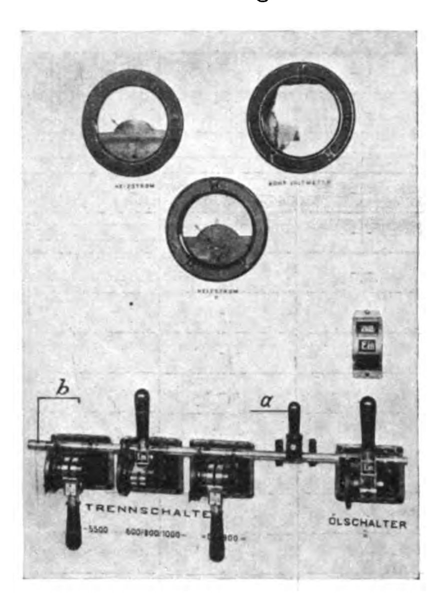


Abb. 9.
Verrieglung auf Schaltfeld 4.

Welche Prüfungen gleichzeitig vorgenommen werden können, ist in der Zusammenstellung auf nächster Seite. Aus der Textabb. 10 kann auch der Weg der Energiezufuhr ersehen werden.

Selbstverständlich werden in Wirklichkeit nur einige wenige der genannten Proben nebeneinander zur Anwendung kommen.

Für die Neuanlage einer derartigen Prüfanlage könnte, insbesondere wenn die Abnahme größerer Zahlen von neuen

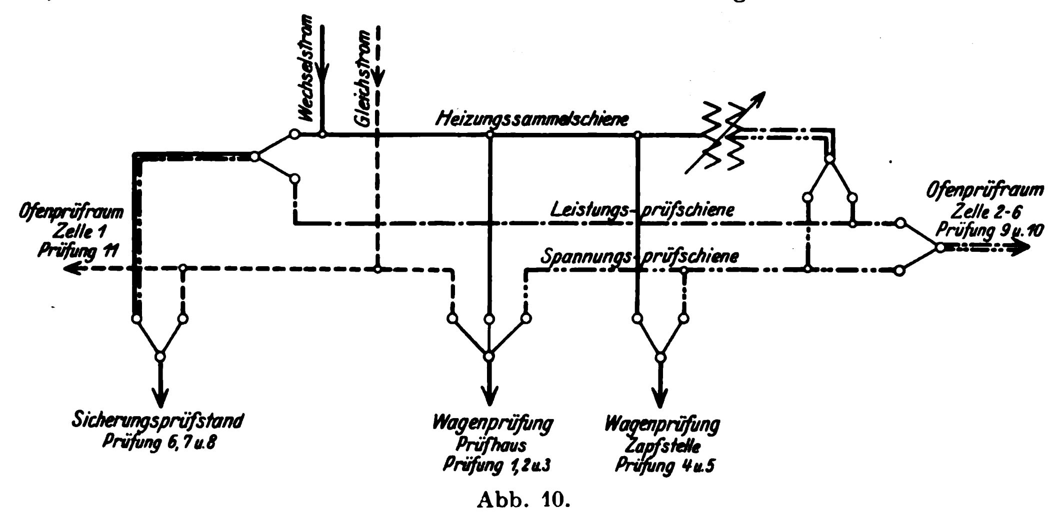


Abb. 10.

Öfen in Frage kommt, empfohlen werden, im Ofenprüfraum neben den sechs Prüfständen noch eine weitere Zelle anzuordnen, in der die Spannungsprobe gleichzeitig an einer größeren Zahl von Öfen (vielleicht 10) vorgenommen werden kann, da es zweckmäßig ist, die Spannungsprobe an jedem neu gelieferten Ofen vorzunehmen, Einzelproben aber zu viel Zeit erfordern. In der Anlage Neuaubing, bei der an den beiden Schmalseiten eine Erweiterungsmöglichkeit vorgesehen ist, wird dieser Mangel vielleicht später einmal ausgeglichen. Dabei könnte auch erwogen werden, im Ofenprüfraum zwischen Zelle 1 und 2 noch einen mit dem Umschalter in Zelle 1

Prüfmöglichkeiten.

Wagenprüfung Prüfhaus			Wagenprüfung Zapfstelle		Sicherungsprüfstand			Prüfraum f. el. Öfen Zelle 2 bis 6		Prüfraum f. el. Öfen Zelle 1
Prüfung Nr.			Prüfung Nr.		Prüfung Nr.			Prüfung Nr.		Prüfung Nr.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
mit Heizungs-sammel-schiene	mit Spannungs-prüfschiene	mit Gleich-strom-schiene	mit Heizungs-sammel-schiene	mit Spannungs-prüfschiene	mit Leistungs-prüfschiene	mit Heizungs-sammel-schiene	mit Gleich-strom-schiene	mit Leistungs-prüfschiene	mit Spannungs-prüfschiene	mit Gleich-strom-schiene
+			+		+			+		+
+			+			+		+		+
+			+			+			+	+
+			+				+	+		+
+			+				+		+	+
+				+		+			+	+
+				+			+		+	+
	+		+			+			+	+
	+		+				+		+	+
	+			+		+			+	+
	+			+			+		+	+
		+	+		+			+		+
		+	+			+		+		+
		+	+			+			+	+
		+	+				+	+		+
		+	+				+		+	+
		+		+		+			+	+
		+		+			+		+	+

Bemerkung: Die mit + bezeichneten Prüfungen einer Tafelzeile können gleichzeitig vorgenommen werden.

Prüfung 1: Heizproben mit Wechselstrom an Wagen vom Prüfhaus aus.
„ 2: Spannungsprüfungen an Wagen vom Prüfhaus aus.
„ 3: Heizproben mit Gleichstrom an Wagen vom Prüfhaus aus.
„ 4: Heizproben mit Wechselstrom an Wagen von der Zapfstelle aus.
„ 5: Spannungsprüfungen an Wagen von der Zapfstelle aus.
„ 6: Leistungsproben an Schaltern usw. mit Wechselstrom.
„ 7: Belastungs- und Kurzschlußversuche an Sicherungen mit Wechselstrom.
„ 8: Belastungs- und Kurzschlußversuche an Sicherungen, Leistungsproben an Schaltern usw. mit Gleichstrom.
„ 9: Leistungsprüfungen an Wechselstromöfen im Prüfraum für elektrische Öfen.
„ 10: Spannungsprüfungen an Öfen und Schaltern im Prüfraum für elektrische Öfen.
„ 11: Leistungsprüfungen an Gleichstromöfen im Prüfraum für elektrische Öfen.

mechanisch verriegelten Ölschalter mit Höchststrom- und Nullspannungsauslösung einzubauen. Hierdurch würde die mehr laboratoriumartige Prüftätigkeit im Ofenprüfraum unabhängiger von den vom Schaltraume aus vorzunehmenden mehr werkstatt-technischen Proben werden. In den meisten Werken wird jedoch, da für die Vornahme dieser Prüfungen nur wenige Bedienstete in Frage kommen und eine Verständigung immer notwendig ist, ein Bedürfnis zu einer solchen Erweiterung nicht bestehen.

Zu erwähnen ist auch noch, daß im RAW Neuaubing infolge einer aus anderen Gründen während der Errichtung der Anlage notwendig gewordenen Abänderung des Wagenlaufes die zwei- und dreiachsigen Wagen das Prüfhaus beim Auslaufen nicht im natürlichen Zuge berühren und vorerst noch auf einem Umwege auf die Prüfgleise gebracht werden müssen, was natürlich als Nachteil empfunden wird. Abgeholfen wird diesem Mangel werden durch die Errichtung einer weiteren „Zapfstelle“ bei den Auslaufgleisen für die zwei- und dreiachsigen Wagen und Anschluß dieser an die Heizungssammelschiene und die Spannungsprüfschiene in der leicht freizumachenden Zelle 9 des Schaltraumes. Geplant ist noch eine Signalvorrichtung die dem die Wagen untersuchenden Personal anzeigt, ob die Kupplung der elektrischen Heizung spannungslos ist und daher bedient werden kann oder nicht.

Zu diesem Zwecke soll in die Schutzkästen für die Kupplungsdosen am Prüfhaus und an der „Zapfstelle“ nach jeder Seite eine Signallampe eingebaut werden, die aufleuchtet, wenn bei geöffneter Schutzkastentüre der Ölschalter ausgeschaltet, die Zuleitung zu den Wagen also spannungslos ist. Nur bei leuchtender Signallampe darf gekuppelt oder entkuppelt werden; bei nicht leuchtender Lampe, d. h. wenn der Ölschalter eingeschaltet oder die Signallampe durchgebrannt ist, ist das Bedienen der Kupplung strengstens verboten.

Damit eine Verwechslung mit dem Sonnenlicht ausgeschlossen wird, soll als Betriebsstrom für das Signallicht Einphasenwechselstrom $16^2/_3$ Hertz und 200 Volt verwendet werden. Bei dieser Spannung ist das Flimmern der Lampe so deutlich, daß kein Zweifel auftreten kann. Als Signalfarbe ist „grün" in Aussicht genommen, weil grün im allgemeinen „freie Fahrt" bedeutet, also im vorliegenden Falle als „Gefahrfrei" verwendet werden kann.

Durch das Schließen der Türe des Schutzkastens soll das Signallicht selbsttätig ausgeschaltet werden.

Versuche über die Wirkung von Längskräften im Gleis.

III. Teil*).

Von Prof. Dr. Ing. **Otto Ammann** und Privatdozent Dr. Ing. **v. Gruenewaldt,** Karlsruhe.

Dank dem besonderen Entgegenkommen der Reichsbahndirektion Karlsruhe konnten die Versuchsgleise schnell hergerichtet werden, so daß es möglich wurde, eine weitere Reihe von Versuchen in verhältnismäßig kurzer Zeit durchzuführen.

Zunächst wurden noch einige Versuche vorgenommen, um weitere Klarheit über den Widerstand des Gleises gegen Querverschiebung zu gewinnen. Hierbei wurde die gleiche Versuchsanordnung wie bisher beibehalten**), nur wurde statt eines 15 m langen Gleisrahmens ein solcher von nur 5 m Länge verwandt, so daß der seitliche Druck auf die ganze Länge des Gleisstückes wirkte und dieses möglichst gleichmäßig verschoben wurde (Abb. 1); die Verschiebung war hierbei in der Mitte des Gleisrahmens doch noch etwas stärker als an den Enden, da sich der Druckbalken etwas durchbog. Geprüft wurden ein Gleis des Oberbaues B auf Eisenschwellen und ein Gleis des Oberbaues K auf Holzschwellen. Die Bettung war für beide Oberbauarten die gleiche wie bei den bieherigen Versuchen, und zwar Porphyr-Schotter.

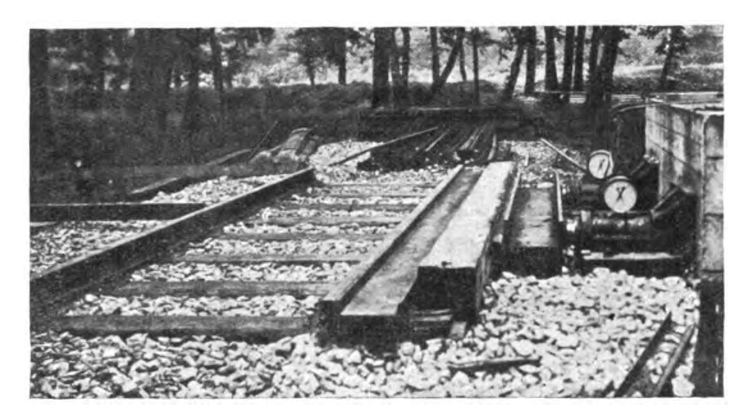


Abb. 1. Anordnung zur Querverschiebung eines 5 m langen Gleisjochs.

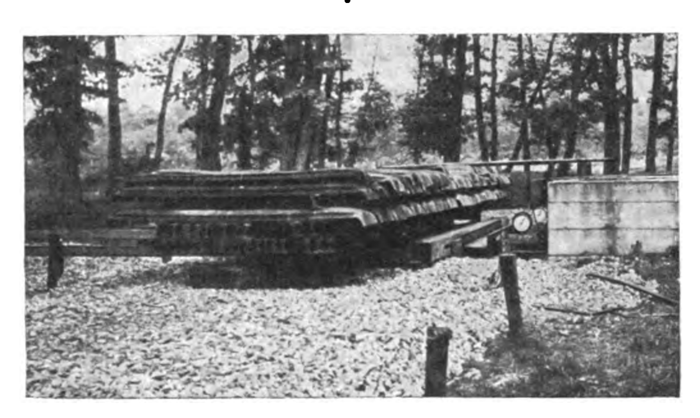


Abb. 2. Belastetes Gleis.

Die Versuche wurden sowohl bei unbelastetem wie bei belastetem Gleis durchgeführt (Abb. 2). Die Belastung bestand aus Schienen und Schwellen und betrug jeweils 7,5 und 15 t. Die Art, wie die Belastung aufgebracht war, ist aus Abb. 3 ersichtlich. Die beiden mittleren Querträger befanden sich genau gegenüber den Pressen.

Um den Einfluß des Gleiszustandes zu untersuchen (bei allen Versuchen war das Gleis sorgfältig durch geübte Bahnarbeiter verlegt) wurde ein Versuch mit dem Gleis auf Holzschwellen vorgenommen, nachdem die Schwellenköpfe teilweise freigelegt waren (Abb. 4).

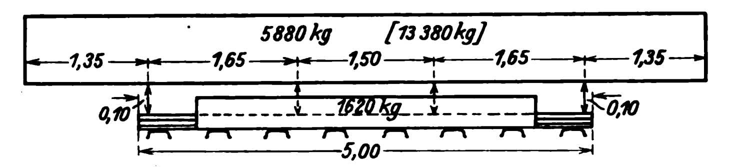


Abb. 3. Aufbringung der Belastung.

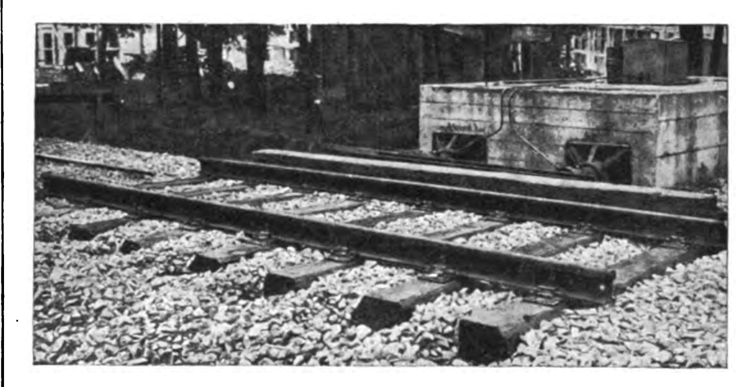


Abb. 4. Gleis mit freigelegten Schwellenköpfen.

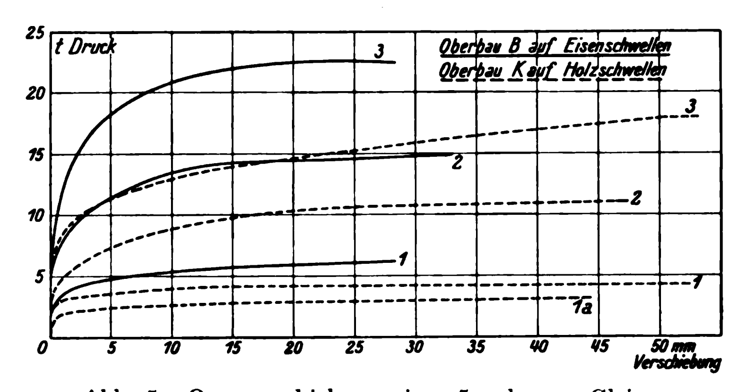


Abb. 5. Querverschiebung eines 5 m langen Gleises. 1 unbelastet, 1a unbelastet mit freien Schwellenköpfen, 2 Belastung 7,5 t, 3 Belastung 15 t.

Die Versuche wurden stets so lange durchgeführt, bis der Gleisrahmen sich gleichmäßig seitlich fortbewegte, ohne daß dabei der Pressendruck weiter anstieg. Dieser Druck entspricht der Widerstandskraft eines Gleisstückes von 5 m Länge gegen seitliches Verschieben.

Die mittleren Verschiebungen des Gleises und die entsprechenden Druckkräfte sind in Abb. 5 zusammengestellt.

*) Vergl. Organ 1928, S. 308 ff. und 1929, S. 239 ff.
**) Vergl. Abb. 4 und 5 auf S. 243.

Es ergeben sich für das unbelastete Gleis folgende Widerstandswerte gegen Querverschiebung:

Oberbau B auf Eisenschwellen . . . . . . 1280 kgm
Oberbau K auf Holzschwellen . . . . . . 860 kgm
Oberbau K auf Holzschwellen mit teilweise freigelegten Schwellenköpfen . . . . . . 640 kgm.

Der Widerstand des Oberbaues B hat sich bei dieser Anordnung größer ergeben als bei dem Verschieben eines 15 m langen Gleises errechnet wurde. Bei dem Gleisrahmen von 15 m war keine gleichmäßige Druckübertragung möglich, so daß die am kürzeren Rahmen gefundenen Werte richtiger erscheinen; sie nähern sich mehr den Werten, die durch Herausziehen einzelner Schwellen gefunden wurden*) (1400 kgm).

Der Widerstand des sorgfältig verlegten Oberbaues K ist um 33% geringer als der des Oberbaues B; durch Freilegen der Schwellenköpfe tritt bei diesem Oberbau eine weitere Abminderung des Widerstands um 25% ein.

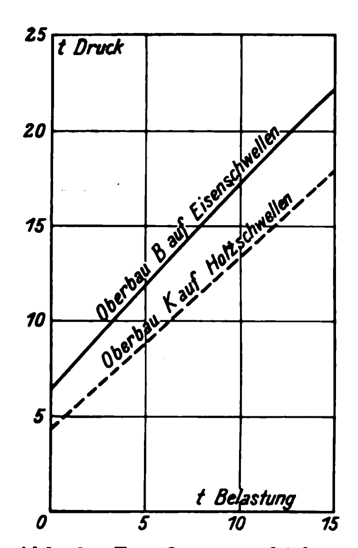


Abb. 6. Zur Querverschiebung erforderlicher Druck als Funktion der Belastung des Gleises.

Der Widerstand als Funktion der Belastung ist in Abb. 6 dargestellt. Hiernach ergibt sich der Reibungsbeiwert zwischen Gleis und Bettung zu annähernd $\mu = 1$ für beide Oberbauarten, jedoch ist er beim Oberbau B etwas größer als beim Oberbau K; die entsprechenden Werte sind:

Oberbau B . . $\mu \approx 1{,}10$
Oberbau K . . $\mu \approx 0{,}90$.

Der elastische Teil der Verschiebung ist beim Oberbau auf eisernen Schwellen größer als beim Oberbau auf Holzschwellen: nach Entspannung des Gleises (Aufhören des Pressendrucks) ging das Gleis auf Eisenschwellen im belasteten wie im unbelasteten Zustand um rund 4 mm zurück, das Holzschwellengleis nur um 1 bis 2 mm.

Bemerkenswert war bei diesen Versuchen noch die Beobachtung, daß das Gleis auf Eisenschwellen sich nicht nur in der Horizontalen fortbewegte, sondern sich insbesondere auf der Druckseite, bei größeren Drücken gleichzeitig auch hob, und zwar ohne Belastung im Mittel um rund 10 mm, bei 7,5 t Belastung um 5 mm und bei 15 t um 4 mm. Das Gleis auf Holzschwellen bewegte sich dagegen nur in horizontaler Richtung, eine Hebung trat nicht ein. Hieraus läßt sich vielleicht der Schluß ziehen, daß es zweckmäßig sein könnte, der Eisenschwelle eine etwas andere Form zu geben, und zwar durch steileres Abbiegen der Schwellenenden, da die Hebung wohl durch ein Gleiten an den etwas schrägen Flächen der Schwellenkappe hervorgerufen wird.

Nach Beendigung der Beobachtungen über den Widerstand des Gleises gegen seitliche Verschiebung wurden noch einige Versuche durchgeführt, um den Widerstand des Oberbaues K auf Holzschwellen gegen Längsverschiebung zu bestimmen.

Ähnlich wie bei den früheren Versuchen**) wurden die einzelnen Joche bei gelösten Laschen verschoben, so daß eine Kraftübertragung durch die Laschen nicht möglich war, und es wurde die Bewegung der den Pressen abgekehrten Schienenenden beobachtet. — Um auch ganz kleine Bewegungen feststellen zu können, waren an den Schienenstößen Meßuhren eingebaut (Abb. 7), ebenso am westlichen Ende des Gleises.

An der den Pressen zunächstliegenden Schiene war eine Bewegung von Beginn des Pressendrucks an festzustellen; bei 11 t Druck war ein knirschendes Geräusch zu vernehmen, als Zeichen, daß sich das Gleis auf der Bettung fortschob. Bei diesem Drucke war die Stoßlücke am Ende des ersten Gleisjoches noch nicht vollständig geschlossen und an der zweiten Meßstelle am Ende des zweiten Gleisjoches war infolge des durch die Bettung übertragenen Drucks eine Bewegung von 0,02 mm zu bemerken. Die Lücke schloß sich vollständig bei einem Druck von 16 t, der aber nicht nur auf das erste, sondern auch schon auf das zweite Gleisjoch einwirkte, das bei dieser Belastung eine Bewegung von 0,50 mm gemacht hatte. Die Längsbewegung des dritten Joches begann bei 23 t, betrug bei 24 t 0,20 mm, um dann rasch anzusteigen.

Es ist demnach die Kraft, die erforderlich ist, um ein Gleisjoch des Oberbaues K auf Holzschwellen von 15 m Länge

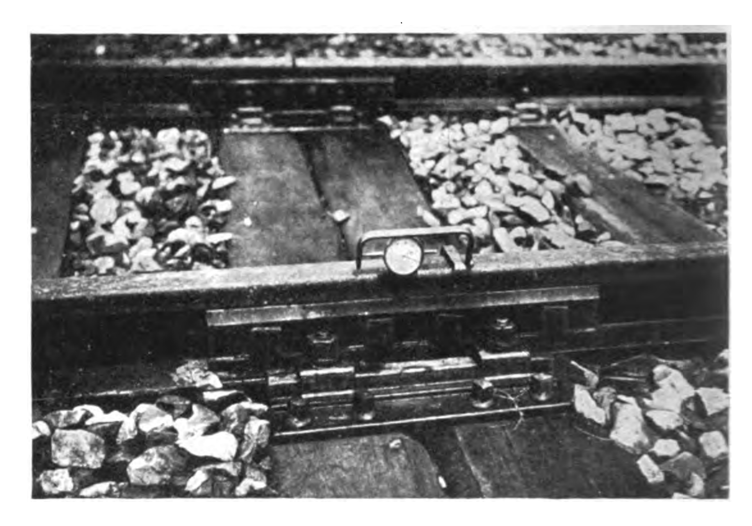


Abb. 7. Vorrichtung zum Messen der Bewegung der Schienen gegeneinander.

in der Längsrichtung zu verschieben, 11 bis 12 t und der Widerstand des Oberbaues K auf Holzschwellen gegen Längsverschiebung beträgt 733 bis 800 kgm.

Das Gleis auf Holzschwellen hat also eine um rund 33% geringere Widerstandskraft gegen Längsverschiebung als das Gleis auf Eisenschwellen, dessen Widerstandskraft zu 1200 kgm ermittelt wurde*). Es ist dies genau der gleiche Unterschied, der für den Widerstand gegen Querverschiebung gefunden wurde, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß sich unter der trogförmigen Eisenschwelle eine stark verdichtete Schotterbank befindet, die der Verschiebung in der Längs- und Querrichtung einen besonders großen Widerstand entgegensetzt.

Beim folgenden Versuch wurde das Gleis fest verlascht und einem Druck bis zu $2 \times 60 = 120$ t ausgesetzt. Hierbei wurde der durch das Gleis übertragene Druck am westlichen Widerlager mittels der Druckkraftprüfer gemessen (Abb. 8) und gleichzeitig die Horizontal- und Vertikalbewegung des Gleises beobachtet. Die Versuchsanordnung war genau die gleiche wie beim entsprechenden Versuch mit dem Oberbau B auf Eisenschwellen**). Von einem Pressendruck von 10 t an war am Ende des Gleises eine Druckübertragung zu messen, wobei, ähnlich wie beim Oberbau auf Eisenschwellen, der übertragene Druck zunächst langsamer und dann schneller anstieg. Bei Drücken von rund 50 t (25 t je Schiene) ergab sich ein mittlerer Widerstand gegen Längsverschiebung von

*) Vergl. Organ 1928, S. 310 und 311.
**) Vergl. Organ 1928, S. 310.

*) Vergl. S. 244.
**) Vergl. S. 242.

800 kgm, wie auch beim vorhergehenden Versuch ermittelt wurde.

Während bei dem Oberbau B die von den beiden Schienen an dem den Druckpressen entgegengesetzten Ende des Gleises übertragenen Drücke auch bei geradem Gleis stets mehr oder weniger voneinander verschieden waren, erfolgte die Druckübertragung beim Oberbau K fast gleichmäßig durch beide Schienen.

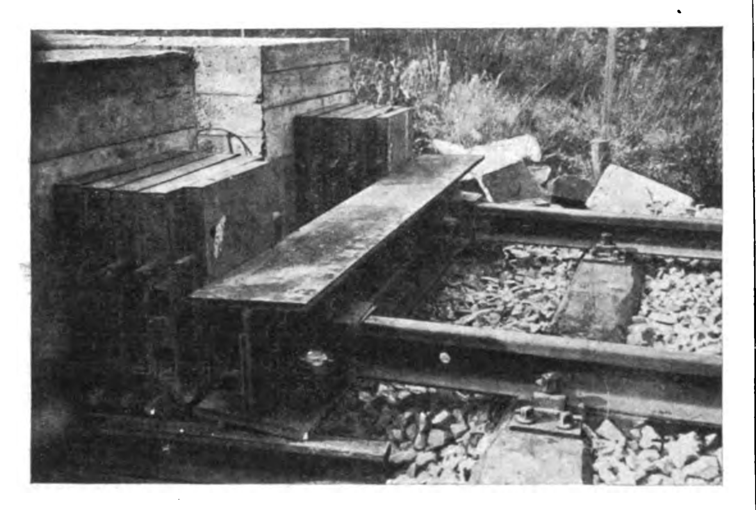


Abb. 8. Einbau der Druckkraftmesser.

Die Querverschiebung und Hebung des Gleises auf Holzschwellen betrug bei den angewandten Drücken bei 120 t ebenso wie die des Gleises auf Eisenschwellen nur wenige Millimeter.

Wie beim Gleise auf Eisenschwellen*) wurde auch beim Gleise auf Holzschwellen die Einwirkung eines Längsdruckes auf das mit R = 300 m gekrümmte Gleis untersucht. Es wurden zwei Versuche durchgeführt, wobei die Versuchsanordnung die gleiche war wie bisher. Bei dem einen Versuch erfolgte die Druckübertragung durch beide Schienen gleichmäßig, beim anderen wurde, ebenso wie beim Gleis auf Eisenschwellen, durch die innere Schiene ein größerer Druck übertragen als durch die äußere. Auch beim gekrümmten Gleis auf Holzschwellen betrugen die seitlichen Verschiebungen und die Hebungen nur wenige Millimeter; ein merklicher Unterschied gegenüber dem Gleis auf Eisenschwellen war bei 120 t Längsdruck nicht festzustellen, was nach der vorher festgestellten seitlichen Widerstandsfähigkeit dieses Gleises von 800 kgm bei 300 m Halbmesser zu erwarten war.

*) Vergl. S. 243.

Bei dem einen Versuch mit dem gekrümmten Gleis auf Holzschwellen wurden die Druckkraftprüfer am Ende des Gleises entfernt, so daß das Gleis sich frei in der Längsrichtung verschieben konnte. Durch Abdrücken wurde das Gleis um rund 35 mm verschoben, wobei beide Schienen sich gleichmäßig fortbewegten und eine meßbare Veränderung der Bogenlage nicht eintrat. Der Pressendruck stieg hierbei auf 36 t an und blieb während der Verschiebung in dieser Höhe konstant, entsprechend einer Widerstandskraft des Gleises gegen Längsverschiebung von 800 kgm, wodurch diese schon durch die vorhergehenden Versuche ermittelte Zahl erneut bestätigt wurde.

Die bisherigen Versuche haben in runden Zahlen folgende Widerstandswerte ergeben:

Oberbau B auf Eisenschwellen:

Widerstand gegen Längsverschiebung . . .	1200 kgm
Widerstand gegen Querverschiebung . . .	1200 kgm.

Oberbau K auf Holzschwellen:

Widerstand gegen Längsverschiebung . . .	800 kgm
Widerstand gegen Querverschiebung . . .	800 kgm
Widerstand gegen Querverschiebung bei freigelegten Schwellenköpfen	600 kgm.

Zu diesen Ergebnissen ist zu bemerken, daß sie durch verhältnismäßig wenig Versuche gewonnen wurden, so daß diese Zahlen noch nicht als exakte Widerstandswerte angesehen werden dürfen; sie geben vielmehr nur die Größenordnung dieser Werte an. Es ist auch zu beachten, daß das Gleis einerseits sehr sorgfältig verlegt war und andererseits nicht befahren wurde.

Es wird noch eine ganze Reihe von Versuchen erforderlich sein, um die Frage der Widerstandsfähigkeit des Eisenbahnoberbaues gegen horizontale Verschiebungen endgültig zu klären.

Zur Frage der Ausfahrvorsignale auf den Österreichischen Bundesbahnen.

Von Ingenieur F. Zuleger, Wien.

Über die Aufstellung von Ausfahrvorsignalen zur Signalisierung der Durchfahrt dürften bei vielen Bahnverwaltungen noch keine grundsätzlichen Vorschriften bestehen und solche Signale auf vielen Bahnhöfen auch noch nicht vorgesehen sein. Durch die fortgeschrittene Beschleunigung des Zugverkehrs wird die Anordnung von Ausfahrvorsignalen dringend erforderlich. Auch andere Betriebsgründe, wie das Nachschieben bei langen Zügen auf Strecken mit großen Steigungen oder ungünstigen Richtungsverhältnissen erfordern dies. Schließlich geben die Signalvorschriften mit ihrer Sollbestimmung „die Ausfahrsignale sollen derart aufgestellt werden, daß sie von der Zugmannschaft der ausfahrenden Züge rechtzeitig wahrgenommen werden können" selbst zu, daß die Ausfahrsignale nicht immer die notwendige Sichtweite besitzen und ihre Ankündigung durch Vorsignale notwendig ist.

Für die Aufstellung der Ausfahrvorsignale ist eine Reihe von Umständen maßgebend, deren nähere Untersuchung geboten erscheint. Diese sei im folgenden auf Grund der Signalvorschriften der Österreichischen Bundesbahnen (unter Ausnahme des späterhin besprochenen Signalbegriffes „Vorsicht") vorgenommen.

Auch eine Ersatzmaßnahme und zwar die Heranziehung des Vor- und Einfahrsignales zur Ankündigung der Durchfahrt, sei am Schlusse ausführlicher behandelt.

Forderungen.

An die Signalisierung der Durchfahrt wird, wie an jede Befehlsübermittlung durch Signale, eine Reihe von Forderungen gestellt, die teils unbedingt zu erfüllen sind (Unbedingte Forderungen), teils für die Güte der Signalisierung maßgebend sind (Güteforderungen). Zur Beurteilung einer Signalanlage ist daher zu prüfen, in welchem Maße diese Forderungen erfüllt sind. Im allgemeinen ist jener Art der Vorzug zu geben, die alle unbedingten Forderungen und bei grundsätzlicher Anwendung die größte Anzahl der Güteforderungen erfüllt.

Die unbedingten Forderungen, zu denen auch die Betriebssicherheit der Signale zu rechnen ist, decken sich mit den Bestimmungen der Signalvorschriften. Die aufscheinenden Signalbilder müssen sich also im Regelbetrieb, wie auch in Störungsfällen in die Signalvorschriften vollkommen einordnen lassen.

Die Güteforderungen umfassen hauptsächlich: Die Einfachheit hinsichtlich Anordnung und Bauart, die Eindeutigkeit, die gute Sichtbarkeit (siehe Organ 1929, Heft 2, Seite 20), die einfache Auswirkung des Signalbefehls (bei Vorsignalen nur
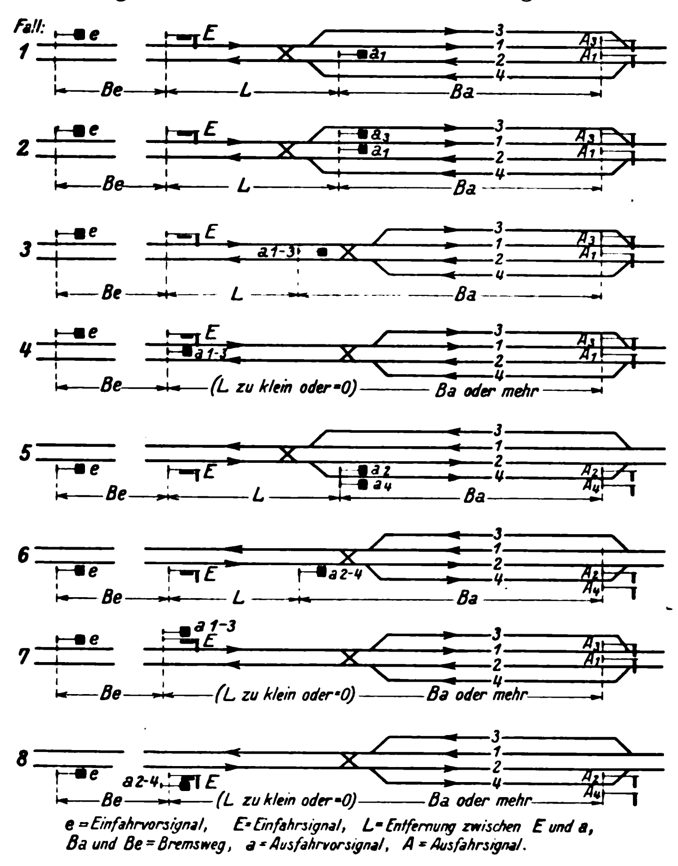
auf das folgende Hauptsignal), die möglichst allgemeine Anwendbarkeit unter Berücksichtigung der erforderlichen Abhängigkeiten, die Vermeidung neuer Signalbilder und Signalhäufungen, der möglichst große Geltungsbereich (Anzahl der Fahrstraßen) und schließlich die Wirtschaftlichkeit.

Aufstellungsort.

Für die Erfüllung dieser Forderungen ist die Wahl des Aufstellungsortes für das Ausfahrvorsignal von großer Bedeutung. Dieser ist hauptsächlich an die Betriebsverhältnisse und durch örtliche Rücksichten gebunden. An Hand der Zusammenstellung I, in der nur einfache Verhältnisse dargestellt sind, sollen die vorkommenden möglichen Fälle des Aufstellungsortes erläutert werden.

Zusammenstellung I.

Mögliche Standorte des Ausfuhrvorsignales.



e = Einfahrvorsignal, E = Einfahrsignal, L = Entfernung zwischen E und a, Ba und Be = Bremsweg, a = Ausfahrvorsignal, A = Ausfahrsignal.

Fall 1. Das Ausfahrvorsignal steht innerhalb der Weichen, vorschriftsgemäß auf der gleichen Bahnseite wie das zugehörige Ausfahrsignal und hat nur für die gerade Durchfahrt Geltung. Die unbedingten Forderungen sind, da es sich um Regelsignale handelt, erfüllt.

Die Forderungen: Einfachheit, Eindeutigkeit, Auswirkung und Wirtschaftlichkeit sind ebenfalls erfüllt. Abhängigkeiten zwischen Einfahrsignal und Ausfahrvorsignal können entfallen. Der Geltungsbereich umfaßt nur eine Fahrstraße, die Anwendung ist auf das Vorhandensein eines entsprechenden Bremsweges Ba und eines entsprechenden Abstandes zwischen Einfahrsignal und Ausfahrvorsignal L gebunden. Die Signalhäufung besteht nur teilweise, da das Einfahrsignal vorwiegend vom Heizer, das Ausfahrsignal vom Führer zu beobachten ist.

Die Wahrung des Abstandes L ist hier, wie in allen gleichartigen Fällen dann notwendig, wenn beide Signale gleichzeitig gesichtet werden und zwischen ihnen keine Abhängigkeit besteht; andernfalls könnten die Signalbilder sich gegenseitig beeinflussen und zu Mißdeutungen Anlaß geben. Auf geraden Strecken ist L möglichst groß, mindestens aber mit 300 m zu bemessen. Zum Durchfahren dieser Strecke braucht ein rasch fahrender Zug etwa 10 Sekunden. Der Lokomotivführer besitzt damit genügend Zeit, um sich beim Einfahrsignal dem darauf folgenden Ausfahrvorsignal widmen zu können; dies um so mehr, als er ja auch dem nun folgenden Bahnhof seine Aufmerksamkeit widmen muß. Die Vergrößerung des Abstandes L darf jedoch nicht durch gleichzeitige Verminderung des Bremsweges Ba geschehen. Strecken mit Nachschiebedienst verlangen sogar einen möglichst großen Bremsweg, um der nachschiebenden Lokomotive durch die Stellung des Ausfahrvorsignals zeitgerecht anzuzeigen, ob der Zug durchfährt, das Nachschieben also fortzusetzen ist, oder ob er anzuhalten hat, das Nachschieben also eingestellt werden muß. Behufs Vergrößerung des Abstandes L ist auch das Hinausrücken des Einfahrsignals E zu erwägen. Die Einfahrsignale stehen ohnedies zumeist recht knapp an der Einfahrweiche (100 m von deren Spitze entfernt).

Fall. 2. Hier gelten die Erwägungen wie bei Fall 1.

Fall 3. Auch hier gelten die gleichen Erwägungen. Der Geltungsbereich des Ausfahrvorsignals kann erweitert werden. Um den Bremsweg Ba zu wahren, wird dieser Fall namentlich auf kürzeren Bahnhöfen angewendet werden müssen.

In den Fällen 1 bis 3 und in den folgenden Fällen 5 bis 6 ist beim Verzicht auf die Abhängigkeiten zwischen Einfahrsignal und Ausfahrvorsignal die Vorschrift einzuhalten, bei Ausfahrten aus dem Bahnhof nur das Ausfahrsignal und nicht auch das Ausfahrvorsignal zu betätigen.

Fall 4 tritt ein, wenn der Abstand L zu klein oder überhaupt Null wird und auch durch Hinausrücken des Einfahrsignals nicht auf das notwendige Maß gebracht werden kann. Es bestünde die Notwendigkeit der gleichzeitigen Signalbeobachtung beiderseits der Fahrtrichtung. Dieser Fall ist daher auszuscheiden.

Fall 5, für rechts befahrene Bahnstrecken, entspricht in seiner Anordnung dem Fall 2.

Fall 6, ebenfalls für rechts befahrene Bahnstrecken, entspricht dem Fall 3.

Fall 7 ist an Stelle des Falles 4 zu wählen. Die Erweiterung des Geltungsbereiches ist möglich. Das Ausfahrvorsignal und das zugehörige Ausfahrsignal stehen auf verschiedenen Bahnseiten; dem links stehenden Ausfahrvorsignal folgt das rechtsstehende Ausfahrsignal, in der Beobachtung tritt ein sogenannter „Beobachtungssprung" ein. Die unbedingte Forderung, Vor- und Hauptsignal müssen auf derselben Bahnseite stehen, bleibt unerfüllt. Das Einfahrsignal und das Ausfahrvorsignal stehen beide auf der Heizerseite. Der Heizer wird deshalb beauftragt werden müssen, die Signalbefehle dem Führer zuzurufen. Dieser Zuruf und die darauf folgende Bestätigung muß beispielsweise lauten: „Frei" in die Ablenkung. Ausfahrt „Halt"! Dieser Zuruf ist nicht knapp zu nennen und kann dazu verleiten, Zeichen zur Verständigung heranzuziehen. Die Fälle 4 und 7 zeigen deutlich den bekannten sehr ungünstigen Einfluß des Linksfahrens auf die Signalisierung.

Fall 8. Die Erweiterung des Geltungsbereiches ist möglich.

Die Fälle 7 und 8 treten ein, wenn der Abstand L zu knapp bemessen werden müßte. Das Ausfahrvorsignal rückt an den Standort des Einfahrsignals. Steht dieses vom Bahnhof und damit auch vom Ausfahrsignal weit entfernt, so wird der Bremsweg Ba übermäßig lang. Eine zu große Länge dieses Bremsweges ist nachteilig, weil sie zu einem Zweifel über den beim Einfahrsignal empfangenen Vorsignalbefehl oder bei der Stellung des Vorsignals auf „Hauptsignal Halt" auch zu einem verfrühten Abbremsen des Zuges führen kann. Die Länge des Bremsweges Ba soll 1000 m womöglich nicht überschreiten. Zum Durchfahren dieser Streckenlänge mit 60 km

Stundengeschwindigkeit sind doch schon 60 Sekunden notwendig.

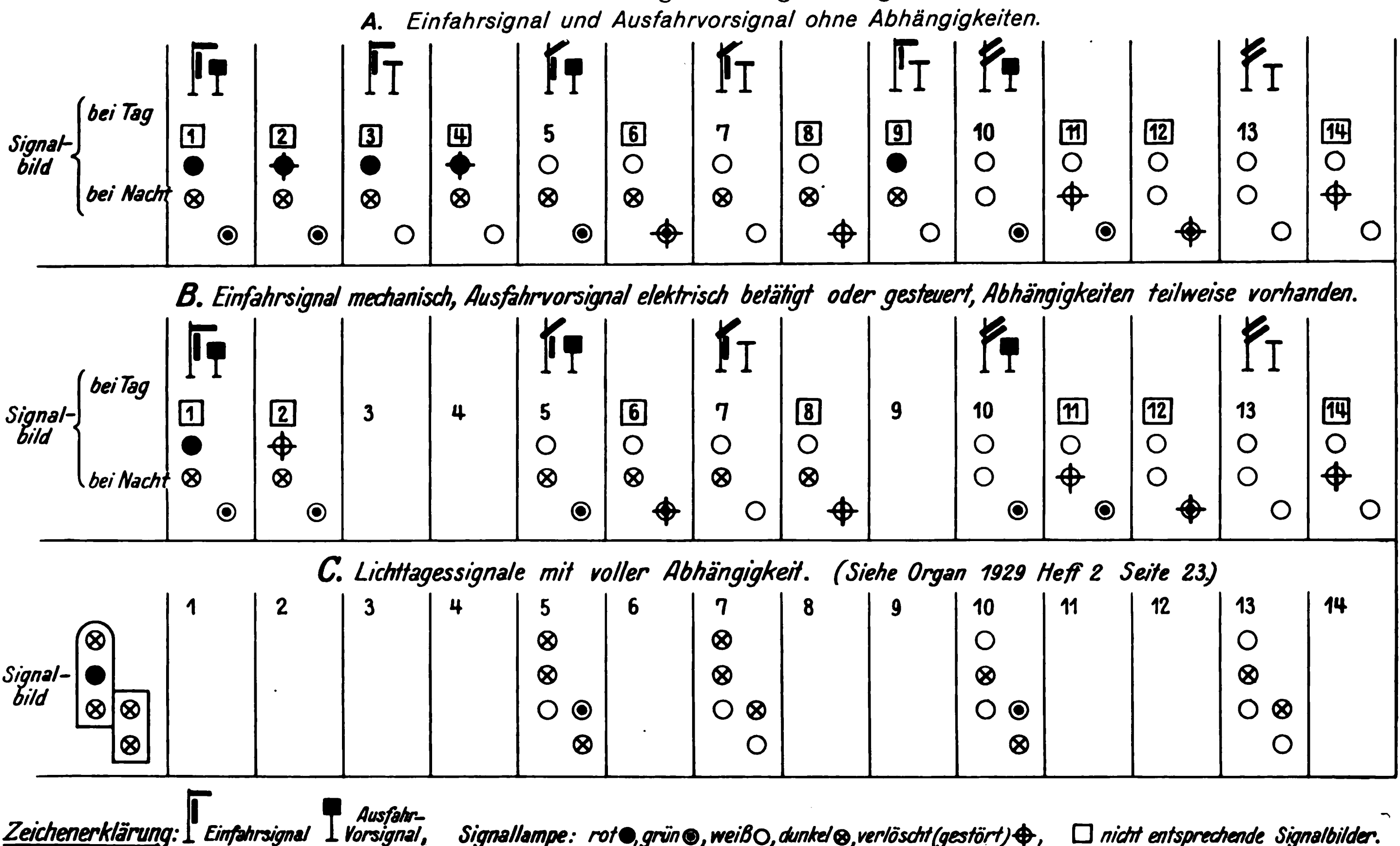
Abhängigkeiten.

In den Fällen 7 und 8 befinden sich Ausfahrvorsignal und das Einfahrsignal am gleichen Standort. Diese Anordnung ist für die Beobachtung vorteilhaft, weil sie den Beobachter entlastet. Als Formsignale bei Tag (Arm und Scheibe) sind sie deutlich zu unterscheiden. Als Lichtsignale bei Dunkelheit in der Stellung „Frei" ist die Unterscheidung nur durch die Anordnung der Lichter in verschiedenen Höhen durchführbar. Eine gegenseitige Beeinflussung der Signale ist dadurch nicht ausgeschlossen.

Das Ausfahrvorsignal soll nur für die Durchfahrt, gleichgültig ob über das durchgehende Hauptgleis oder über ein anderes Gleis (dies zeigt schon das Einfahrsignal an) und nicht verbessert werden. Die Herstellung der Abhängigkeiten erfordert aber in der Regel einen erheblichen Aufwand. Sind sie im entsprechenden Ausmaß vorhanden, so kann die gemeinsame Stellung des Ausfahrsignals und des zugehörigen Vorsignals aufrecht bleiben.

Wird das Ausfahrvorsignal motorisch betätigt oder als Kupplungssignal ausgebildet, so lassen sich die unbedingten Forderungen bei den Tag- und Nachtsignalbildern 5, 7, 10 und 13 voll, bei den Nachtsignalbildern 2, 6, 8, 11, 12 und 14 nicht erfüllen. Sind in diesem Falle die Signale elektrisch beleuchtet, so kann auch der Einbau entsprechender Schaltmagnete in den Beleuchtungsstrom erwogen werden, um eine weitere Verbesserung der Nachtsignalbilder zu erreichen. In diesem Falle wären die Signalbilder bei Tag und bei Nacht lediglich durch elektrischen Strom bestimmt und dem Gütegrad der Lichttagessignale wesentlich näher gekommen.

Zusammenstellung II. Mögliche Signalbilder.



auch für die Ausfahrt eines Zuges betätigt werden können. Es wird dadurch zum Durchfahrsignal. Einfahrsignal und Ausfahrvorsignal sind als ein einheitliches Signalbild aufzufassen, das in allen vorkommenden Fällen den unbedingten Forderungen entspricht. Zu diesem Zweck ist die Schaffung von Abhängigkeiten zwischen dem Einfahrsignal, dem Ausfahrvorsignal und dem Ausfahrsignal notwendig. Die Zusammenstellung II über die möglichen Signalbilder gibt uns Aufschluß, inwieweit dies bei den verschiedenen Signalbauarten möglich ist.

Aus Zusammenstellung II ersehen wir, daß bei mechanisch betriebenen Signalen ohne Abhängigkeiten die unbedingten Forderungen in den Bildern 1 bis 4, 6, 8, 9 (entstanden aus 7 oder 9 z. B. durch Drahtbruch) 11, 12 und 14 nicht erfüllt sind. Diese Signalordnung ist daher abzulehnen. Es können wohl Abhängigkeiten, wie der Einbau von Blockzustimmungen, die Herstellung einer Durchfahrschaltung u. ä. in beschränktem Maße vorgesehen und dadurch die Anordnung

Die Lichttagessignale werden allen gestellten Forderungen, auch der nach Wirtschaftlichkeit, vollkommen gerecht. Sie allein ermöglichen auch die Darstellung eines einwandfreien Signalbildes in der Grundstellung der Signale. Neben „Halt" gibt es keinen weiteren Signalbegriff.

Die vorstehenden Betrachtungen lassen sich auf die Zusammenstellung I bezogen, wie folgt zusammenfassen:

Die einfachste Anordnung ist in den Fällen 1, 2 und 5 gegeben, für die alle Bauarten von Vorsignalen gleich gut anwendbar sind. Soll der Geltungsbereich erweitert werden — dieses ist in vielen Fällen aus Betriebsgründen notwendig und sollte grundsätzlich vorgenommen werden — so sind die Fälle 3 und 6 zu wählen. Hierbei ist das Ausfahrvorsignal mehreren Ausfahrsignalen zugeordnet, wodurch allein schon die elektrische Steuerung oder der Kraftbetrieb des Ausfahrvorsignals erforderlich wird. Auch die Verwendung eines mechanisch betätigten Einfahrsignals und von Lichttagessignalen für das Ausfahrvor- und das Ausfahrsignal in diesen

beiden, wie in den Fällen 1, 2 und 5, ist möglich. Solche Anordnungen sind schon auf einigen Bahnhöfen der Österreichischen Bundesbahnen ausgeführt und haben sich bewährt. Sie sind beim Vorhandensein einer größeren Anzahl von Ausfahrsignalen besonders wirtschaftlich. Die Fälle 7 und 8 erfordern unbedingt die Herstellung von Abhängigkeiten zwischen dem Einfahrsignal und dem Ausfahrvorsignal.

Durch die Anwendung von Lichttagessignalen ist im Hinblick auf die erforderlichen Abhängigkeiten die vollkommenste Signalisierung der Durchfahrt zu erreichen.

Der Signalbegriff „Vorsicht".

Bei den Österreichischen Bundesbahnen wurde die Bedeutung des Vorsignals „Hauptsignal Halt" auf „Vorsicht" abgeändert, was folgende Anwendungsmöglichkeiten im Gefolge hatte:

1. Das Vorsignal für das Ausfahrsignal darf nur für die gerade Durchfahrt stellbar sein. Der bisherige Grundsatz, daß das Vorsignal die Stellung des zugehörigen Hauptsignals anzeige, stand einer solchen Verfügung bisher entgegen.

2. Für Züge, die beim Einfahrsignal angehalten werden und vor ihm tatsächlich zum Stillstand kommen, darf das zugehörige Vorsignal nicht mitgestellt werden, wenn der Zug durch Freistellung des Einfahrsignales eingeholt wird. (Diese wichtige Verfügung ist streng einzuhalten.)

3. Für jene Fälle, bei denen bisher der Auftrag bestand, den Zug beim Einfahrsignal anzuhalten, um ihn auf die im Bahnhof zu erwartenden Handsignale aufmerksam zu machen, kann nunmehr das Anhalten des Zuges beim Einfahrsignal dann entfallen, wenn für den betreffenden Zug das Vorsignal trotz der Freistellung des zugehörigen Hauptsignals in der Stellung „Vorsicht" belassen wird.

Nach dieser Verfügung bedeutet der Signalbefehl „Vorsicht" am Einfahrvorsignal:

a) das Einfahrsignal steht auf „Halt",
b) infolge einer Änderung der Einfahrt zeigt das Einfahrsignal ein die Herabminderung der Geschwindigkeit erforderndes Signalbild,
c) ein sonst durchfahrender Zug hat im Bahnhof anzuhalten.

Dem Vorsignal in der Vorsichtstellung kann sonach das Einfahrsignal mit jedem der drei möglichen Signalbefehle folgen. Dieser Umstand zwingt den Führer, stets den für die Fahrgeschwindigkeit ungünstigsten Fall a) anzunehmen und die Fahrgeschwindigkeit entsprechend herabzumindern. Auf Strecken mit großer Steigung und ungünstigen Richtungs- und Sichtverhältnissen kann dies allenfalls zum Stehenbleiben des Zuges führen.

Der Signalbegriff „Frei" am Einfahrsignal wird durch den Signalbegriff „Vorsicht" am Einfahrvorsignal beeinflußt. Zeigt das Einfahrvorsignal „Frei", so zeigt auch das Einfahrsignal unbedingt „Frei" und der Zug kann die Fahrt ohne Geschwindigkeitseinschränkung fortsetzen; zeigt das Einfahrvorsignal „Vorsicht" und das Einfahrsignal „Frei", so gilt dieser Befehl „Frei" nur bedingt, denn es sind weitere Befehle zu erwarten. Ein Übersehen des Signals „Vorsicht" kann sonach unter Umständen gefährlich werden.

Die Fälle b) und c) werden nur fallweise dann angewendet, wenn eine schriftliche Verständigung der Zugmannschaft über die Änderung der Einfahrt oder das Anhalten nicht mehr möglich war. Der Signalbefehl „Vorsicht" im Falle c) kann wieder aufgehoben werden, wenn die Notwendigkeit, den Durchfahrzug im Bahnhofe anzuhalten, nicht mehr besteht. In diesem Falle hat der Fahrdienstleiter dem Durchfahrzug Handsignale zur Fortsetzung der Fahrt zu geben.

Bei verbotener Durchfahrt nach Fall c wird der Signalbegriff „Vorsicht", der in der Regel zum Einfahrsignal gehört, auf die Stellung des Ausfahrsignals erstreckt. Die erlaubte Durchfahrt hingegen wird als solche nicht signalisiert.

Der Signalbegriff „Vorsicht" hat nur bei Einfahrvorsignalen jener Bahnhöfe praktische Bedeutung, die nicht mit Ausfahrvorsignalen ausgerüstet sind. Seine Anwendung muß jedoch zur Wahrung der Gleichartigkeit, wenn auch ohne Auswirkung, auch auf alle übrigen Vorsignale (für Ausfahr- oder Blocksignale) ausgedehnt werden. Sie ist dort nicht möglich, wo Vor- und Einfahrsignal mit einem gemeinsamen Stellhebel oder Schalter gleichzeitig betätigt werden.

Wenn wir nun diesen Betrachtungen unsere Forderungen gegenüberstellen, so gelangen wir zu folgendem Ergebnis:

Die unbedingten Forderungen wurden durch Abänderung der Signalvorschriften erfüllt.

Güteforderungen: Die Einfachheit und Eindeutigkeit sind erfüllt; die Auswirkung ist beim Einfahrsignal unterteilt und auf das Ausfahrsignal erstreckt; die Anwendung und der Geltungsbereich sind eingeschränkt; Signalhäufungen sind vermieden und die Wirtschaftlichkeit ist gewahrt.

Dieses Ergebnis ist nicht als günstig zu bezeichnen. Wenn trotzdem der neue Signalbegriff als vorläufige Maßnahme eingeführt wurde, so geschah dies unter dem Zwange, ungesäumt einen Ersatz für die auf einer großen Anzahl Bahnhöfe noch fehlenden Ausfahrvorsignale schaffen zu müssen.

Berichte.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Eine bemerkenswerte Brückenkonstruktion.

Bei km 64,9 der Bahnlinie Leipzig-Hof wurde die Erneuerung einer Bahnbrücke mit drei Öffnungen von je 10,75 m Stützweite notwendig, da die alten Überbauten den Verkehrslasten nicht

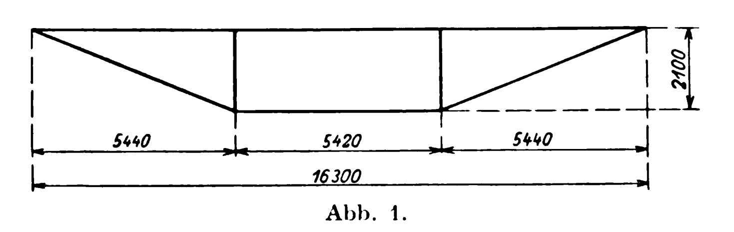


Abb. 1.

mehr genügten. Die besonderen örtlichen Verhältnisse führten hier zu einer Lösung, die wegen ihrer Eigenart besondere Erwähnung verdient.

Mit Rücksicht auf die Verkehrsverhältnisse der unterführten Straße war bei der neuen Brücke die Anordnung von nur zwei Öffnungen mit je 16,3 m Stützweite zulässig. Die Erneuerung

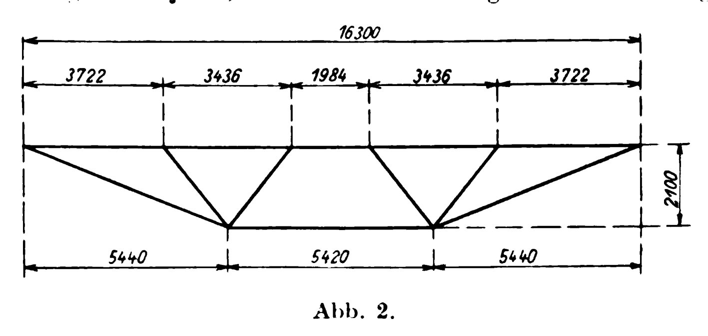


Abb. 2.

sollte möglichst ohne Störung des Betriebes erfolgen, außerdem sollten die Widerlager möglichst ohne Änderung übernommen werden. Da sich infolge der größeren Lasten und Stützweiten



eine wesentlich größere Konstruktionshöhe ergab, kam man auf den Gedanken die Überbauten als unterspannte Balken auszuführen, zumal Blechträger, die ebenfalls in Frage gekommen wären, leicht zu störenden Geräuschen neigen, was wegen der Nähe der Ortschaft unerwünscht war. Da die üblichen unterspannten Balken (Abb. 1) zu große Durchbiegungen erfahren, hat man das in Abb. 2 dargestellte System gewählt. Es besitzt 2,70 m Konstruktionsdicke von S. U. gemessen, gegen etwa 1,85 m bei Blechträgern. Da die Lichthöhe über der Straße aber sehr reichlich war, konnte dies ohne weiteres zugelassen werden.

Die Brücke erhielt wieder getrennte Überbauten für jedes Gleis. Die Anschlüsse an den Auflagerknoten nehmen Rücksicht auf die bisherige Form der Widerlagerkammer und auf das Einschieben auf Rollen. Den Mittelpfeiler bildet ein eiserner Bock, dessen Betonfundament über H. W. hochgeführt ist.

Der Einbau gestaltete sich äußerst einfach und erforderte je Gleis nur 7 Stunden. Dabei waren die beiden Gleise nur je 2 Stunden gesperrt.

(Der Stahlbau, 1929, Heft 17.) Sp.

Rein dynamische Verfahren zur Untersuchung der Beanspruchung von Bauwerken.

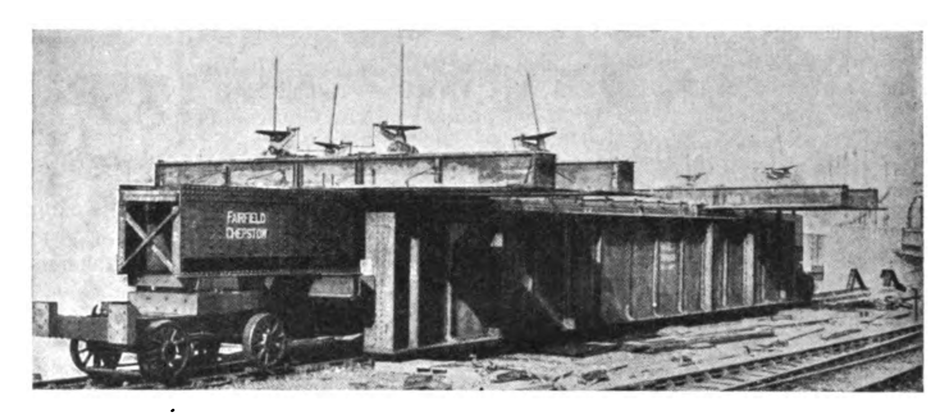
Während bisher die dynamischen Untersuchungen an Bauwerken immer davon ausgingen, unter der Belastung mit fahrenden Zügen an bestimmten Stellen die auftretenden Einzelgrößen wie Spannung, Durchbiegung oder Schwingungsausschlag zu messen und rechnerisch zu verwerten, sind in jüngster Zeit Versuche im Gange, wie sich Bauwerke mit Hilfe künstlich erzeugter Impulse von bekannter Größe, Richtung und Periode als Ganzes untersuchen lassen. Die Impulse werden ausgeübt mittels einer eigenen Erschütterungsmaschine, die in ihren wesentlichen Teilen aus einem Antriebsmotor und zwei exzentrischen Schwungscheiben besteht, die zusammen mit den erforderlichen Meßinstrumenten auf einem kleinen Wagen angeordnet sind. Die Grundlage für alle Untersuchungen bilden die Frequenz-Leistungs-Diagramme als Abbild der im Bauwerk aufgespeicherten Energie.

Gemessen wird Frequenz und Dämpfung hauptsächlich als Kennzeichen für den Bauzustand, die Aufschaukel- und Abklingzeit als Kennzeichen für die Eignung im praktischen Betrieb, die Federkonstante als Kennziffer für die dynamisch mehr oder weniger günstige konstruktive Durchbildung und für den Vergleich verschiedener Baustoffe, der Vergrößerungsfaktor gegenüber den statisch ermittelten Ausschlägen, gegebenenfalls die Kopplung mit anderen Überbauten zur Bestimmung von Veränderungen in den Gründungsverhältnissen und endlich die Phasenverschiebung zwischen erregender Kraft und Schwingungsausschlag. Als Vorteile des Verfahrens werden genannt die Einfachheit und Genauigkeit der Messung, die Möglichkeit beliebig oft die gleiche Beanspruchung zu wiederholen und die Unabhängigkeit von der Schwerkraft. Ein mit dem Verfahren untrennbar verbundener Nachteil ist der, daß es nicht möglich ist bei schlechten Ergebnissen zu entscheiden, wo nun die schwache Stelle zu suchen ist. Auch ist die Frage noch nicht geklärt, ob es überhaupt gelingen wird, bestimmte charakteristische, dynamische Eigenschaften der Bauwerke in Abhängigkeit von ihrem jeweiligen Bauzustand einwandfrei zu erkennen. Erst dann kann von einer praktischen Bedeutung des Verfahrens die Rede sein.

(Der Stahlbau 1929, Heft 6.) Sp.

Auswechslung von Brückenkonstruktionen in kurzen Zugpausen.

Die eingleisige König-Albert-Brücke über den Tamarfluß in England im Zuge der eingleisigen Great Western-Bahn wurde in ihren Landöffnungen verstärkt. Die Brücke besteht aus 17 Landöffnungen mit Spannweiten zwischen 21,34 und 27,43 m und aus zwei Flußöffnungen mit je 138,68 m Spannweite. Die Gesamtlänge beträgt 670 m, die Lichthöhe über Wasserspiegel wegen der Schiffahrt 30,48 m. Die Landöffnungen bestanden bisher aus schmiedeeisernen Trägern von 2,44 m Höhe, während die Tragkonstruktion in den Flußöffnungen aus je einem Segmentbogen aus einem ovalen Schmiedeisenrohr (5,11 m hoch und 3,73 m breit) bei einem Stich von 8,83 m besteht, an dem beiderseits die die Fahrbahnkonstruktion tragenden Hängestäbe angebracht sind. Im Jahre 1928 wurde die Verstärkung der Landöffnungen beschlossen. Bei der Durchführung dieser Arbeiten konnten die sonst üblichen Arbeitsweisen nicht angewendet werden, weil die Höhe der Träger die Verwendung von Kranen ausschloß. Auch war auf den schmalen Pfeilern nicht der Raum verfügbar, um die alten Träger unterzubringen, während die neuen eingebracht wurden. Es wurde daher ein besonderer Wagen gebaut, der aus zwei Schemelwagen bestand. Diese trugen eine Fachwerkkonstruktion mit vier weit hervorragenden Querträgern (siehe Abb.), so daß daran außer der Fahrbahn selbst auch die alten und neuen Träger während der Auswechslung aufgehängt werden konnten. Da die Länge des Wagens rund 29 m betrug, überspannte er jede der Landöffnungen. Bei Auswechslung der Brücke einer Öffnung wurde der Bauwagen mit den angehängten neuen Trägern langsam auf die Öffnung gebracht. Zuerst wurde die Fahrbahn an dem Bauwagen aufgehängt, dann wurde die Verbindung zwischen Fahrbahn und alten Trägern gelöst. Hierauf wurden die alten Träger in die Höhe gewunden und an die Querträger des Bauwagens angehängt. Die neuen Träger, die durch den Bauwagen beigefahren worden waren, wurden hierauf abgelassen und in ihre endgültige Lage gebracht. Die Fahrbahnkonstruktion wurde dann an die neuen Träger angeschlossen und vom Bauwagen wieder abgehängt. Die Arbeiten waren dadurch erschwert, daß sie wegen der Anforderungen des Betriebes bei der eingleisigen Linie nur zu bestimmten Zeiten und an Sonntagen ausgeführt werden konnten. Die Zeiten, die gewöhnlich an den Sonntagen zur Verfügung standen, waren von 9 bis 14 bzw. 17 Uhr. Für die ganzen Arbeiten waren 43 Sonntage benötigt. Der Zusammenbau der neuen Träger und die Zerlegung der alten Träger erfolgte auf einem Werkplatz, der an dem einen Brückenende angelegt und mit dem Hauptbahngleis durch ein Anschlußgleis verbunden war. Wa.



Auswechslung von Brückenkonstruktionen.

(Railw. Eng. 1929, April.)

Zur Entwicklung der Baustähle.

Der Begriff Wertigkeit der Baustähle, unter dem bisher hauptsächlich mechanische Gütewerte verstanden wurden, hat im Laufe der Zeit eine Erweiterung durch Anforderungen an den Rostwiderstand und die Schweißbarkeit erfahren. Von diesem Gesichtspunkt aus bespricht ein Aufsatz der Zeitschrift „Maschinenbau“ die Eigenschaften der heutigen Baustähle und zeigt die Entwicklung, die die Einschätzung der Baustähle in den letzten Jahren genommen hat.

Aus den verschiedenen Versuchen, die Stähle zu normen, sowie hochwertige Baustähle herzustellen, waren zunächst drei Stähle übriggeblieben: St. 37, St. 48 und St. Si.

St. 37, dessen allgemein bekannte Festigkeitseigenschaften mit Din 1612 und 1621 genormt sind, ist heute ein den Erzeugern und Verbrauchern in jeder Hinsicht vertrauter Baustoff. Er

erfüllt zudem mit seinem in der Regel unter 0,2% liegenden Kohlenstoffgehalt nicht nur die Anforderungen des Preßschweißens, sondern auch die der neuerdings immer mehr in Anwendung kommenden Schmelzschweißverfahren. Sein Rostwiderstandsvermögen ist von den Stahlerzeugern selbst durch ihre Bereitschaft, gegen mäßige Preiserhöhungen den Kupfergehalt auf etwa 0,3 bis 0,4% zu steigern, gefördert worden. Ein großer Vorzug des St. 37 liegt in seiner besonderen Eignung für das Brennschneideverfahren, da er nur geringe Nacharbeit erfordert. Die Stahlsorte St. 48, gekennzeichnet durch die Bedingungen $\sigma_B = 48$ bis 58 kg/mm², $\delta_{10} \geq = 18\%$, Biegewinkel beim Faltversuch 180° (Dorndurchmesser = zweifache Probendicke) und den hier erstmalig eingeführten Streckgrenzwert $\sigma_S \geq = 29$ kg/m², hat ebenfalls in der Praxis eine im ganzen unveränderte Beurteilung erfahren. Infolge des erhöhten Kohlenstoffgehaltes von etwa 0,3% ist beim Abwalzen von Blechen und dünnen Profilen bei ungünstiger Witterung besondere Aufmerksamkeit geboten, weil aus der erhöhten Abkühlgeschwindigkeit die Gefahr der Härtung droht, desgleichen in der Werkstatt bei Warmformgebung oder größeren Richtarbeiten an Bauteilen aus St. 48. Schweißverbindungen (mit Ausnahme der nach dem elektrischen Widerstandsschweißverfahren hergestellten) besitzen ungenügende Wertigkeit gegenüber den gewöhnlichen Anforderungen des Betriebes. Das Brennschneideverfahren erfordert bei St. 48 infolge der auftretenden merklichen Härtung ziemlich umfangreiche Nacharbeit. Der Rostwiderstand läßt sich durch zusätzlichen Kupfergehalt wie bei St. 37 erhöhen. Die Bearbeitung bietet keine besonderen Schwierigkeiten.

An Stelle des St. Si werden nach einer Vereinbarung zwischen der Deutschen Reichsbahn und dem Verein deutscher Eisenhüttenleute nunmehr unter der Bezeichnung St. 52 einige Stähle geliefert, die vom St.Si nur noch die Gütewerte $\sigma_B = 52$ bis 62 kg/m² $\sigma_S \geq = 36$ kg/mm², $\delta_{10} \geq = 20\%$ und Biegewinkel beim Faltversuch = 180° (Dorndurchmesser = zweifache Probendicke) übernommen haben. In der Zusammensetzung tragen sie nur die eine Bindung, daß der Kohlenstoffgehalt die für St.37 übliche Höhe nicht überschreitet; ihr Siliziumgehalt beträgt nur 0,25 bis 0,50%, was hüttentechnisch günstiger ist. In diese Gruppe zählen auch die Chrom-Kupfer-, Mangan-Kupfer- und Molybdän-Kupfer-Stähle und etwaige weitere Typen ähnlicher Art. Die Nachprüfung der Festigkeitswerte hat ergeben, daß die vorgenannten Ziffern für Bleche, Profile und Niete erreicht worden sind und damit der Verwendung des St.52 zu genieteten Konstruktionen nichts entgegensteht. Über die Schweißbarkeit nach dem Schmelzschweißverfahren liegen abschließende Versuchsergebnisse noch nicht vor. Bezüglich des Brennschneidens gilt das gleiche wie bei St.48. Der Rostwiderstand ist zwar größer als bei nichtgekupferten Stählen, doch wird sich auch bei St.52 ein Schutzanstrich nicht entbehren lassen.

Von besonderer Bedeutung scheint der Umstand zu sein, daß Herstellungsschwierigkeiten von der Art wie bei St. Si, wo bis zu 40% Ausfall vorhanden war, nach Angabe der Stahlwerke nicht aufgetreten sind. Hieraus kann man die Hoffnung schöpfen, daß die neuen Stahlsorten infolge niedrigerer Preise weitere Verbreitung finden können als St. Si. Bei diesem wurde die Verwendung im Brückenbau infolge des hohen Preises erst bei Spannweiten von 80 m lohnend, wodurch sie auf einen kleinen Anteil des Gesamtbedarfes beschränkt war. Sp.

Berechnung des Schienenquerschnitts bei großen Zuggeschwindigkeiten.

Im Februar 1921 veröffentlichte R. Desprets im Bulletin einen Aufsatz, in dem er auf die großen Unterschiede hinwies, die sich zwischen der Berechnung der Schienenquerschnitte nach den Zimmermannschen Formeln und den Versuchsergebnissen feststellen lassen. Desprets schlug vor die Berechnung der Querschnittsmasse unter der Annahme durchzuführen, daß der Achsdruck auf eine unendlich große Zahl von elastischen Unterlagen wirke, im Gegensatz zu den Schwedlerschen Vorschlägen. In all diesen Gleichungen spielt das Verhältnis $\alpha = \frac{P'}{P}$ eine große Rolle. Dabei bedeutet der Wert P' den Raddruck der Verkehrslast, der Wert P stellt den Druck der ruhenden Last dar. Der Wert α wächst mit der Zunahme der Zuggeschwindigkeit sehr schnell. Bei Annahme von zwei, drei oder mehreren elastischen Unterlagen wird der Unterschied in den Rechnungsergebnissen verhältnismäßig gering, so daß er gegenüber dem Wert α vernachlässigt werden kann. Für die Praxis genügt es, die Gleichung von Schwedler $M_B = \frac{4\gamma - 3}{4\gamma + 10} \cdot \frac{P'.d}{4}$ als grundlegend anzusehen. Darin bedeuten:

M_B = Biegungsmoment über der belasteten Schwelle,
d = Schwellenabstand,
$\gamma = \frac{6EJ}{Dd^3}$ (E = Elastizitätsmodul, J = Trägheitsmoment)
D $\simeq$ 0,9 Cbl (C = Bettungskoeffizient, b = Schwellenbreite, l = Schwellenlänge),

In obige Gleichung sind folgende Werte für P' einzusetzen:

A. bei Gleisen in der Geraden:

1. Senkrechte Komponente aus dem Teilachsdruck übertragen durch die Treibstange der Lokomotive (P_1).
2. Fliehkraft hervorgerufen durch die Oberflächenkrümmung der Schiene (P_2).
3. Erhöhter Raddruck verursacht durch ungleichmäßige Bewegungen der Lokomotive bei elektrischer Zugförderung (P_{3a}), bei Dampfbetrieb (P_{3b}).
4. Senkrecht wirkende Komponente der Zusatzkraft, die durch die lebendige Kraft der nicht ausgeglichenen Massen verursacht wird (P_4).

B) Außerdem bei Gleisen in Krümmungen:

5. Beanspruchung durch die nicht ausgeglichene Fliehkraft bei ungenügender Überhöhung des Gleises (P_5).
6. Erhöhte Beanspruchung hervorgerufen durch Kreiselbewegungen der Laufräder beim Durchfahren der Krümmung (P_6).

Das Ergebnis der von dem Verfasser entwickelten Formeln bei Belastung des Gleises durch die italienische Staatsbahnlokomotive der Klasse 743 wird in folgender Tabelle zusammengestellt:

Geschwindigkeit km/Std.	P	P_1	P_2	P_{3a}	P_{3b}	P_4	P_5	P_6
100	1	0,133	0,07	0,04	0,052	0,125	0,18	0,01
150	1	0,133	1,18	0,04	0,146	0,29	0,36	0,02

Die der Berechnung der Schienenquerschnitte zugrunde zu legende dynamische Kraft P' beträgt bei einer Geschwindigkeit von
V_1 = 100 km/Std.: P_1'' = 1,172 P in der Geraden und bei einer Geschwindigkeit von
V_2 = 150 km/Std.: P_2'' = 1,53 P.

In Bögen mit dem Halbmesser von 1000 m und einer Überhöhung von $h = \frac{s}{g} \cdot \frac{V_1^2 + V_2^2}{2\varrho}$ (s = Spurweite, g = Schwerkraft) wird für
V_1 = 100 km/Std.: P_3'' = 1,36 P und
V_2 = 150 km/Std.: P_4'' = 1,89 P.

Die so errechneten Werte P'' müssen durch eine Vervielfältigungszahl vergrößert werden, um der dynamischen Wirkung der Belastung Rechnung zu tragen. Bei Geschwindigkeiten von 60 bis 150 km/Std. beträgt diese Vervielfältigungszahl 1,2 bis 1.3. Die obigen Werte P_1'' bis P_4'' erhöhen sich dadurch auf:
P_1' = 1,465 P, P_2' = 1,989 P,
P_3' = 1,7 P und P_4' = 2,457 P.

Daraus ist zu ersehen, dass bei Berechnung der Schienenquerschnitte unter Zugrundelegung von Geschwindigkeiten von 150 km/Std. in der Geraden der doppelte Wert der ruhenden Last und in Krümmungen von 1000 m Halbmesser das 3½fache dieses Wertes eingesetzt werden muß. Bei elektrischen Lokomotiven sind diese Vervielfältigungszahlen geringer als bei Dampfbetrieb.

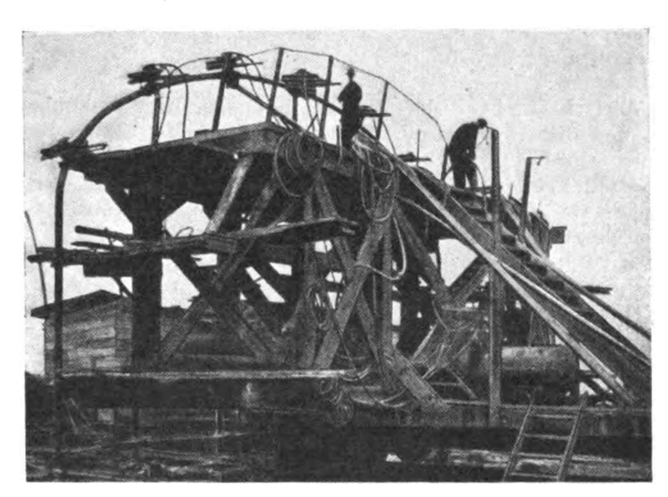
Scherer.

(Bull. Ch. d. f., August 1928.)

Schwierige Erd- und Tunnelarbeiten bei Bahnbauten der New York Central.

Der in diesem Frühjahr von der New York Central vollendete Ausbau einer zweigleisigen Strecke zwischen New York und Albany zu einer viergleisigen erwies sich als ungewöhnlich schwierig insofern, als der Bahnkörper auf der einen Seite unmittelbar vom Hudson, auf der anderen Seite von steilabfallenden Felsen begrenzt war. Die ungestörte Durchführung der Arbeiten gelang nur unter Anwendung größter Sorgfalt, zumal der Betrieb auf der bisherigen Zweispurstrecke mit täglich 175 Zügen weder gefährdet noch behindert werden durfte.

Um eine bessere Linienführung zu erreichen, war es notwendig, das Profil zweier Tunnel dieser Strecke zu erweitern und außerdem einen neuen 162 m langen Tunnel durch das Breakneck-Gebirge zu bauen. Dieser Tunnel kam nur 9 m westlich



Bohrgestell für Tunnelarbeiten.

des bestehenden alten zu liegen und unmittelbar neben eine Station der New Yorker Wasserversorgung. Bei den Sprengarbeiten mußte daher mit äußerster Vorsicht gearbeitet werden, um den alten Tunnel und das Gebäude der Wasserstation möglichst wenig zu erschüttern. Zu diesem Zweck wurden 330 Bohrlöcher von je 3 cm Durchmesser in Abständen von 7,5 cm gebohrt und dann das zwischen den Bohrlöchern verbleibende Gestein mittels Brechwerkzeugen ausgebrochen, so daß eine zusammenhängende, vor Erschütterungen schützende Rinne entstand.

Um die Bohrarbeiten im neuen Tunnel zu beschleunigen, wurden zwei Bohrgestelle (siehe Abb.) konstruiert, von denen jedes auf einem flachen Wagen befestigt war. Der Hauptteil dieser Bohrgestelle bestand aus einem 10 cm starken röhrenartigen Rahmen, auf welchem die Bohrmaschinen befestigt waren. Der Rahmen besaß die Form des Tunnelumrisses und war gegen den Wagenboden hin abgestützt. Auf dem Rahmen konnten 6—14 Bohrer zur gleichzeitigen Betätigung angesetzt werden, die, wenn nötig, leicht aus einer Stellung in eine andere gebracht werden konnten. Außerdem waren auf besonderen Rahmen des Bohrgestells noch zwei weitere Bohrhämmer angebracht, womit Bohrungen von der Mitte gegen die Seiten in radialer Richtung vorgenommen wurden. Der ganze Bohrwagen konnte in kürzester Zeit aus dem Stollen entfernt und nach Beseitigung der gesprengten Massen zur Arbeit wieder angesetzt werden, wodurch eine bedeutende Zeitersparnis erzielt wurde. Do.

(Railway Age, 1929, 1. H., Nr. 9.)

Vorausbestimmung der Gesteinstemperaturen bei Tunnelbauten durch den Versuch.

Der jüngst verstorbene Tunnelbauer, Prof. Dr. Ing. K. Pressel*), hat kurz vor seinem Tode in der „Schweizerischen Bauzeitung", Jan. 1929, einen Auszug aus seinem letzten Werk „Experimentelle Methode zur Vorausbestimmung der Gesteinstemperatur im Innern eines Gebirgsmassives" veröffentlicht, dem wir folgende Angaben entnehmen:

Beim Bau tiefliegender Tunnel kommt man in Gebiete mit außerordentlich hohen Gesteinstemperaturen. Zur Abführung der ungeheuren Wärmemengen, die im Simplon bis zu 6 Millionen Kalorien in der Stunde betrugen, sind umfangreiche Vorkehrungen nötig, so daß die Vorausbestimmung der zu erwartenden Temperaturen von großer Wichtigkeit ist. Hierzu wurden verschiedene mathematische Methoden ersonnen; zuverlässigere Ergebnisse verspricht aber der erstmals von Pressel beschrittene Weg des Versuchs.

Die Einflüsse, von denen die Gesteinstemperatur abhängt, lassen sich, soweit sie von ausschlaggebender Bedeutung sind, mit ziemlicher Genauigkeit im voraus feststellen. Es sind verschiedene Wege des Versuches denkbar; doch hat sich die elektrische Methode als bei weitem am zweckmäßigsten erwiesen. Sie beruht auf der Tatsache, daß die Differentialgleichung der stationären Wärmeströmung $\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta z^2} = 0$, worin T die Temperatur oder die Spannung bedeutet, auch für den Spannungszustand eines elektrischen Kondensators gilt. Aus der experimentell leicht festzustellenden Spannungsverteilung läßt sich die zu erwartende Temperaturverteilung bestimmen. Zu diesem Zweck wird ein aus Gips hergestelltes Hohlmodell des Geländes freischwebend über einer spannungsführenden Zinkplatte aufgehängt und zwar in solcher Entfernung, daß die durch die Platte dargestellte ebene Geoisotherme 6 bis 8 km unter dem Meeresspiegel liegen würde. Ferner beklebt man die Flächen des Gipsmodells mit voneinander getrennten Staniollamellen und legt an diese Lamellen Spannungen, die den mittleren Jahrestemperaturen der Geländeteile entsprechen. In dem so entstehenden Spannungsfeld mißt man längs der geplanten Tunnelachse mit Hilfe eines Wassertropfenausgleichers die Spannung. Die Ordinaten der so erhaltenen Spannungskurve werden dann mit dem Fortschreiten des Vortriebes an Hand der wahren Gesteinstemperaturen jeweils im Verhältnis $\varepsilon = \frac{\Sigma \text{ gemessene Temp. } ^0\text{C}}{\Sigma \text{ Spannung in Volt}}$ verändert. Ein Beispiel vom Simplontunnel zeigt den Grad der Genauigkeit des Verfahrens. Sp.

*) Siehe Nachruf in Heft 6.

Buchbesprechungen.

F. Besser, Kommentar zur Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung vom 17. Juli 1928, Berlin 1928, Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn.

Diese Veröffentlichung kann man mit einem Worte als sehr wertvoll und hochwillkommen bezeichnen. Der Verfasser, der offenbar an der Neufassung der BO. maßgebend mitgewirkt hat, bietet mit diesem Kommentar ein Hilfsmittel, das für den dienstlichen Gebrauch der BO. von höchstem Werte ist. Erfreulich sind die scharfen Begriffsbestimmungen, die sich überall in den Erläuterungen finden. Auch die Übersichtlichkeit ist mustergültig; nicht nur, daß die Änderungen, die in der neuen BO. gegen die alte auftreten, durch Fettdruck hervorgehoben sind, an vielen Stellen bieten auch Übersichtstafeln eine anschauliche Zusammenfassung der Bestimmungen. Besonders eingehend sind die neuen Bremsvorschriften behandelt.

Beim Lesen dieses Kommentars drängt sich der Gedanke auf, daß es besonders günstig gewesen wäre, wenn andere wichtige Vorschriften gleichzeitig neu hätten aufgelegt werden können, so z. B. die Technischen Vereinbarungen oder die Deutschen Fahrdienstvorschriften, die beide gegenwärtig umgearbeitet werden. Da das nicht angängig war, kann man nur wünschen, daß diese beiden Vorschriften gleich bei ihrem Erscheinen von einem gleichgediegenen Kommentar begleitet werden mögen wie die BO.
Dr. Bl.

„Die asynchronen Drehstrommaschinen mit und ohne Stromwender." Darstellung ihrer Wirkungsweise und Verwendungsmöglichkeiten. Von Dipl.-Ing. Franz Sallinger, Professor an der Staatl. Höheren Maschinenbauschule Esslingen. Verlag von Julius Springer in Berlin, 1928. Preis geh. 8,— *R.M.*; geb. 9,20 *R.M.*

Der erste Abschnitt des Buches enthält die allgemeinen theoretischen Grundlagen der Drehstrommaschinen. Der zweite Abschnitt behandelt die Induktionsmaschine, der dritte die Kommutatormaschinen. Das Studium dieses reichhaltigen und wertvollen Buches, das nur die Kenntnis der Grundgesetze der Starkstromtechnik voraussetzt, ist nicht nur den Studierenden der Elektrotechnik, sondern auch den in der Praxis stehenden Ingenieuren sehr zu empfehlen. Man kann diesem Buche eine recht weite Verbreitung wünschen. Sorger.

Das It-Diagramm der Verbrennung von Prof. Dr. Ing. P. Rosin und Dipl.-Ing. R. Fehling. Din A 4, IV, 32 Seiten mit 35 Abbildungen und 10 Tafeln. Broschiert RM 7,50 (für VDI-Mitglieder RM 6,75). VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7, 1929.

Jeder, der sich mit Problemen der Verbrennung beschäftigt, weiß, wie umständlich und zeitraubend die Errechnung einfacher Kenngrößen, wie Abgasvolumen und Luftbedarf, Wärmeinhalt und Verbrennungstemperatur ist. Theoretiker wie Praktiker werden es daher dankbar begrüßen, durch die vorliegende Arbeit in Verfahren eingeführt zu werden, die es ermöglichen, durch zwei oder drei einfache Diagrammablesungen in wenigen Sekunden genauere Ziffern zu erhalten, als früher durch lange und umständliche Rechnungen. Zweierlei führt zu diesem überraschenden Ergebnis. Einmal die Entdeckung eines neuen Gesetzes, das Abgasmenge und Heizwert beliebiger Brennstoffe, sowohl fe flüssiger wie auch gasförmiger, durch einfache Beziehu verbindet, und anderseits die Zusammenfassung aller individu thermischen Eigenschaften der technischen Rauchgase im Wä inhalt-Temperatur-Diagramm (It-Diagramm).

Der Verbrennungstechnik wird daher diese Arbeit dies Dienste leisten wie das Is-Diagramm der Dampftechnik.

Grossmann, Rißbildungen im Betonbau, Hannover 1929, Ve Gesellschaft m. b. H., Preis 2 RM.

Das Büchlein stellt auf nur 52 Seiten aus einer beschrä Auswahl von Quellenschriften zahlreiche Winke und Erfahru zusammen, die manchem Praktiker, der die Flut der Veröi lichungen nicht mehr bewältigen kann, Wissenswertes b werden. Leider werden aber die Erzeugnisse einer einzigen F der chemischen Industrie so sehr in den Vordergrund ge daß man den Eindruck nicht los wird, als handle es sich um verkappte Werbeschrift. Dr.

Die Wirtschaftlichkeit der Diesel-Lokomotive im Vollbahnb

Von diesem im Heft 8 und 9 des laufenden Jahrgang Organs veröffentlichten Aufsatz sind erweiterte Sonderd hergestellt worden, die zum Preise von 2,50 RM vom Ver Dr. Ing. Herbert Strasser, Stuttgart, Seestraße 51, zu ziehen sind.

Zuschriften.

Von der „Union-Gießerei" Königsberg erhalten wir nachstehende Zuschrift:

„Im Heft 16 vom 15. August d. J. des „Organs" ist ein Aufsatz über die deutschen 2 C 1-Heißdampf-Schnellzuglokomotiven der kön. Siamesischen Staatsbahnen von Dr. Ing. Curt Ewald veröffentlicht.

In diesem Aufsatz ist auf Seite 280 1. Spalte links unten und 2. Spalte rechts oben in der Beschreibung des Nicolai-Schiebers und Trofimoff-Schiebers der Fortfall der Feder beim Trofimoff-Schieber als grundsätzlicher Unterschied zum Nicolai-Schieber dargestellt und als Ersatz dieser Feder des Nicolai-Schiebers die Dampfeinströmspannung beim Trofimoff-Schieber bezeichnet. Es wird ferner in dieser Gegenüberstellung bemerkt, daß die Feder beim Nicolai-Schiebers nur eine kurze Lebensdauer aufzuweisen pflegte.

Als Urheberfirma des Nicolai-Schiebers gestatten wir uns zur Berichtigung vorbezeichneter nicht zutreffender Ausführungen folgendes zu erwidern:

Der grundsätzliche Unterschied zwischen Nicolai-Schieber und Trofimoff-Schieber besteht nicht nur in der Wirkung zwischen Feder und Dampfeinströmspannung auf die Schieber. Die Feder beim Nicolai-Schieber hat den Zweck, sofort nach Reglerschluß und Sinken der Dampfspannung im Einströmraum des Dampfzylinders ein schnelles Öffnen des Schiebers für die Einleitung der Druckausgleichwirkung des Dampfkolbens herbeizuführen, während die Dampfeinströmspannung beim Trofimoff-Schieber den Schieber zum Aufschließen auf die festsitzenden Schieberteile (genau wie beim Nicolai-Schieber) bringen soll. Die Feder Nicolai-Schieber übt somit eine vollkommen entgegenges Wirkung aus wie die Dampfeinströmspannung beim Trofi Schieber. Es kann somit das eine nicht Ersatz für das an sein, wie im Aufsatz von Herrn Dr. Ing. Ewald behauptet

Ein weiterer grundsätzlicher Unterschied zwischen Nicolai- und Trofimoff-Schieber ist insofern vorhanden, als Nicolai-Schieber gleichzeitig ein Sicherheitsschieber für W schläge und schädliche Kompressionsdrücke ist, da dieselben d den sich hierbei öffnenden Nicolai-Schieber nach dem Ausst raum abgeleitet werden, während beim Trofimoff-Schieber Sicherheit nicht gegeben und nicht vorhanden ist.

Zu den weiteren Behauptungen des Herrn Dr. Ing. Ew daß die Federn des Nicolai-Schiebers nur eine begrenzte Le dauer aufzuweisen pflegen, können wir mitteilen, daß die Kruppschem Sonderstahl gefertigten Federn zum Nicolai-Sch sich in großer Anzahl bereits seit fünf Jahren ununterbroche Betrieb befinden und zu Beanstandungen bisher keine Veranlas gegeben haben."

Dazu schreibt uns Herr Dr. Ing. Ewald:

„Von den Ausführungen der Union-Gießerei, die dur korrekte Fassung eines Satzes meiner Veröffentlichung ve wurde, habe ich Kenntnis genommen. Im Interesse de begrüße ich eine derartige Klärung schwebender Fragen. Richtigkeit der unter 1 und 2 auf Seite 280 von mir erwäh beiden Hauptvorzüge des Trofimoff-Schiebers, wird durch Erklärung der Union-Gießerei nicht berührt."

Berichtigungen.

In dem Aufsatz „Louis A. Gölsdorf und die Semmeringbahn" in Heft 15 müssen Druckfehler berichtigt werden. Seite 262, linke Spalte unten muß es heißen: „Die Rostfläche mit 2,16 m²" ... statt 12,16 m², und: „Die Maschinen zogen 200 t" ... statt 290 t; ferner auf der gleichen Seite rechte Spalte oben 1896 statt 1886. Auf gleicher Seite Spalte links unten ist eine Umstellung vorzunehmen. Es muß heißen: die Kessel von 1439, 1450 und 1500 mm Durchmesser — nach verschiedenen Lieferungen — lagen hoch.

In dem Bericht „Der englische und amerikanische Fahrzeugbau im Jahre 1928" — Organ 1929, Heft 15, Seite 269, ist ein Irrtum unterlaufen. Die Tabelle 1 bezieht sich nicht auf den Auftragsbestand, sondern auf den Beschäftigungsgrad der Lokomotivfabriken, ausgedrückt durch die Zahl der beschäftigten Arbeiter. Es muß demnach von Ze an heißen:

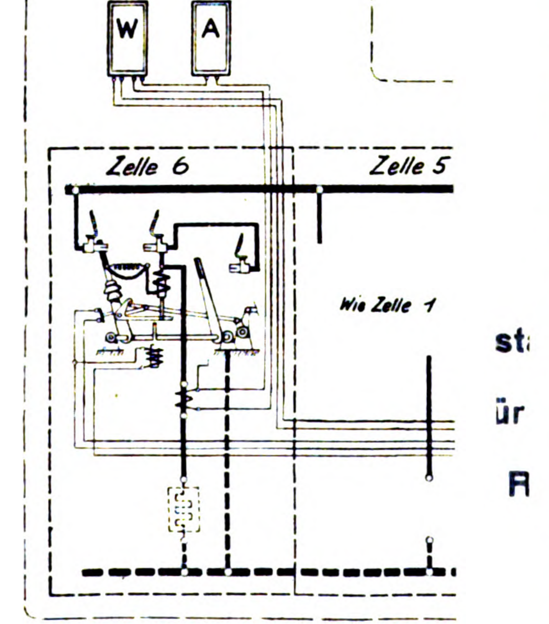
„Die nachstehende Tabelle 1 gibt einen Überblick übe Verhältnisse seit 1914; es ist aber zu beachten, daß in ihr Bahnwerkstätten nicht berücksichtigt sind.

Tabelle 1: Beschäftigungsgrad der engl. Lokomotivfabrike

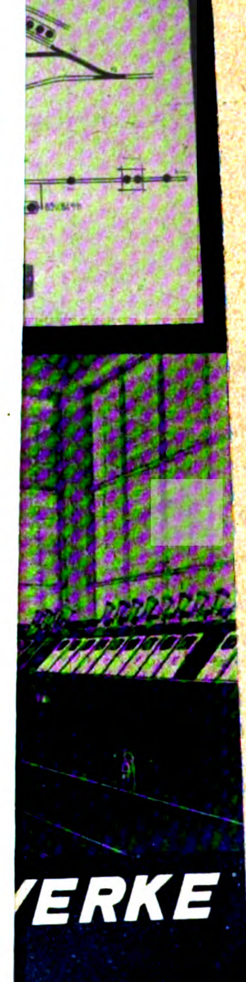
Jahr	Anzahl der in der Lokomotivindustrie beschäftigten Personen	Ebenso im Vergle mit 1914 in %
1914	15 248	100,0

usw."

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.



eft 23
Dezember
C 31 1929
UNGEN
MÜNCHEN
498.
sers. 499.
d-Ost-Bahn. 499.
bahn mit 1200 PS.



C. W. Kreidel's Verlag, München.

Zum Auf

Jnstandhaltung der Einrichtungen für die elektrische Zugh

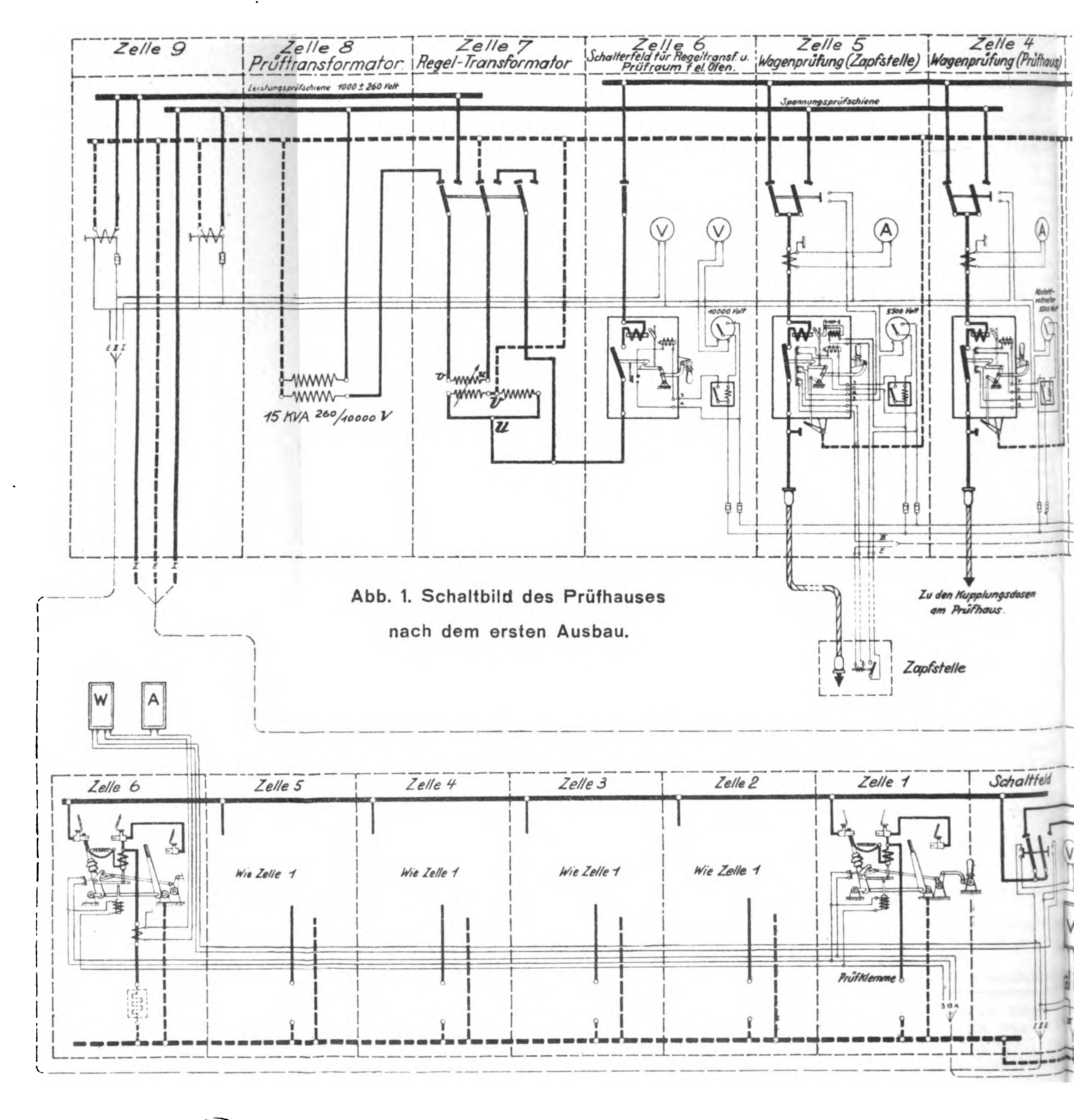


Abb. 1. Schaltbild des Prüfhauses nach dem ersten Ausbau.

C. W. Kreidel's Verlag, München.

Zufsatz:

trischgheizung im Reichsbahnausbesserung

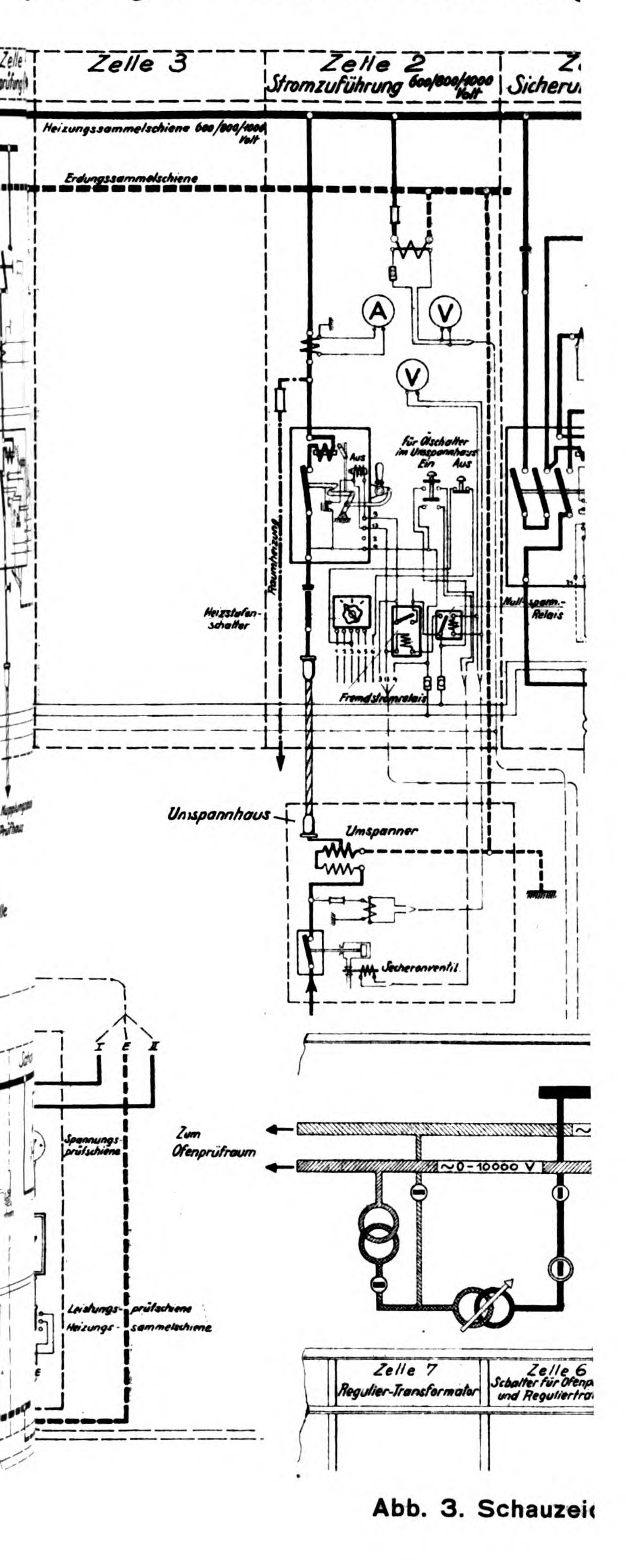


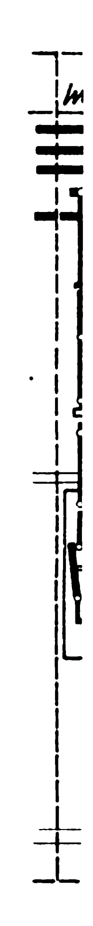
Abb. 3. Schauzei

ortscl

st

ür

R



Jnst

für

im R

C. W. Kreidel's Verlag.

Der erste A
theoretischen Gru
Abschnitt behand
Kommutatormasc
wertvollen Buches
Starkstromtechnik
der Elektrotechnil
Ingenieuren sehr
recht weite Verbr

Das It-Diagramm
und Dipl.-Ing. E
bildungen und
Mitglieder ℛℳ
1929.

Jeder, der si
weiß, wie umständ
Kenngrößen, wie
und Verbrennung
werden es daher d
in Verfahren eing
zwei oder drei einfa
genauere Ziffern
ständliche Rechnu
Ergebnis. Einma

Von der „U
stehende Zuschrift
„Im Heft 16
Aufsatz über die de
der kön. Siamesisc
veröffentlicht.

In diesem A
und 2. Spalte recht
und Trofimoff-Sch
Schieber als grun
dargestellt und al
Dampfeinströmspa
wird ferner in die
beim Nicolai-Schie
pflegte.

Als Urheberf
zur Berichtigung v
folgendes zu erwid

Der grundsä
und Trofimoff-Schi
Feder und Dampfe
beim Nicolai-Schie
und Sinken der D
zylinders ein schn
der Druckausgleic
während die Dan
den Schieber zum

In dem A
Semmeringbah
werden. Seite 262,
fläche mit 2,16 m²"
200 t" . . . statt 29
oben 1896 statt 18
eine Umstellung v
1439, 1450 und 1
Lieferungen — lag

In dem Beric
Fahrzeugbau i
Seite 269, ist ein I
nicht auf den Auf
grad der Lokomot

Für die Schriftle

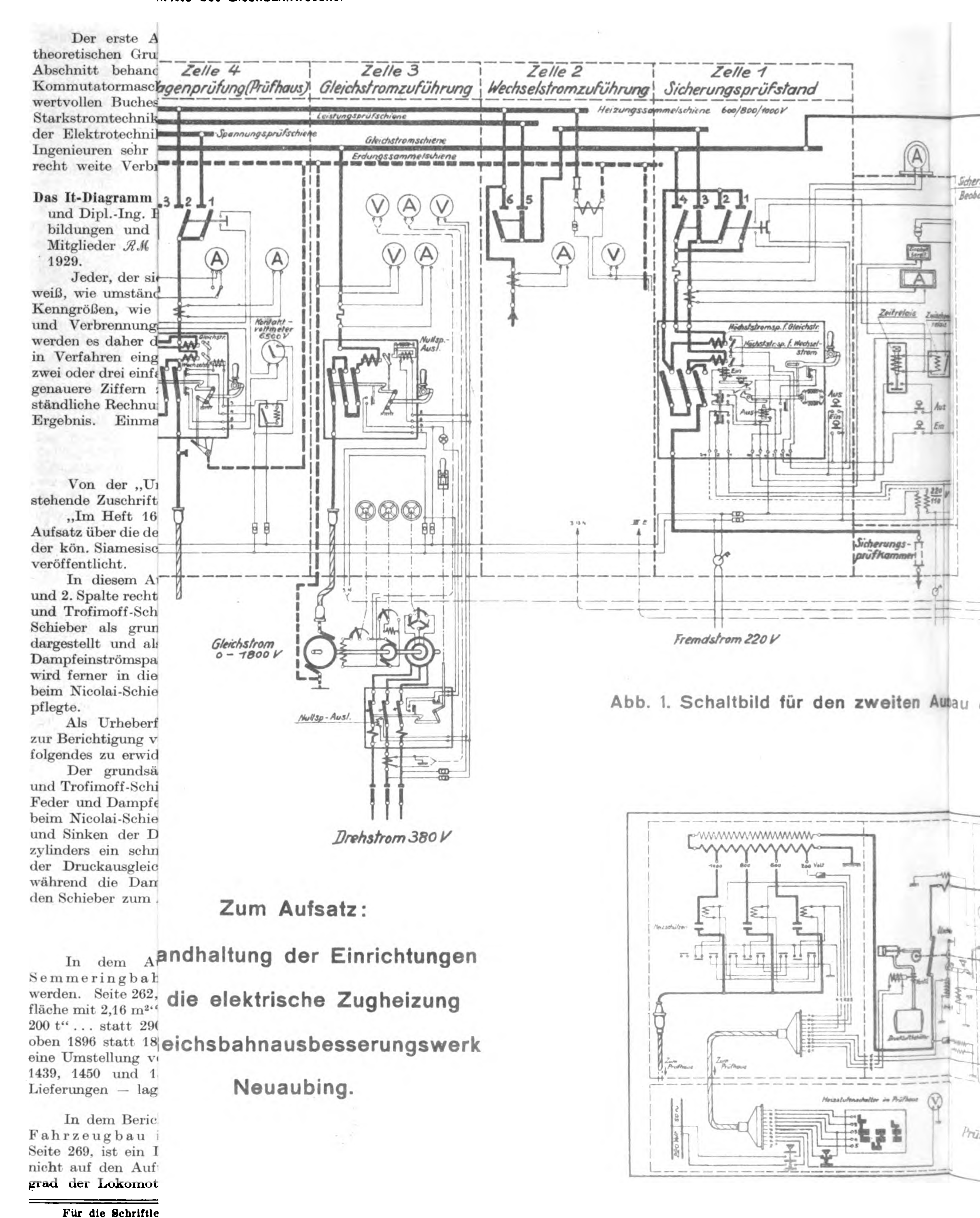


Abb. 1. Schaltbild für den zweiten Aufbau

Zum Aufsatz:
andhaltung der Einrichtungen
die elektrische Zugheizung
eichsbahnausbesserungswerk
Neuaubing.

Abb. 2. Schaltbild des Umspan

Heft 23
. Dezember



UNGEN
. MÜNCHEN

Sicherungsprüfstand
Beobachtungsseite

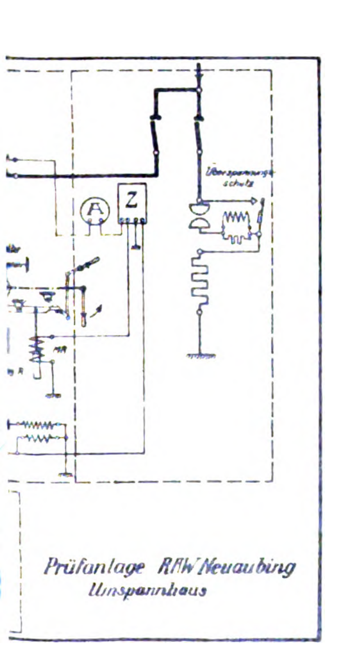
Schaltfeld

Zelle 2

Zelle 1 (Gleichstrom)

Zelle 2÷6
Wechselstrom
wie im ersten
Ausbau

bau des Prüfhauses.



spannhauses.

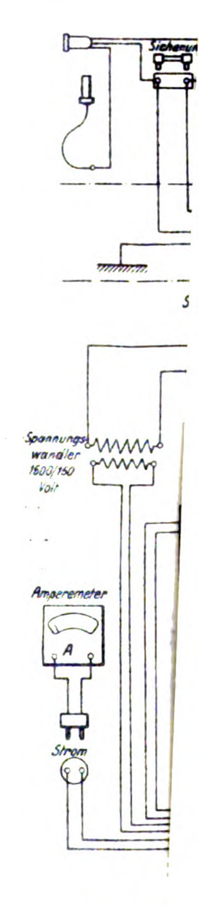


Abb. 3





Der ers
theoretischen
Abschnitt be
Kommutatorn
wertvollen B
Starkstromtec
der Elektrote
Ingenieuren s
recht weite

Das It-Diagra
und Dipl.-I
bildungen
Mitglieder
1929.

Jeder, d
weiß, wie ums
Kenngrößen,
und Verbrenn
werden es dah
in Verfahren
zwei oder drei
genauere Ziffe
ständliche Rec
Ergebnis. Ei

Von der
stehende Zuscl
„Im Heft
Aufsatz über d
der kön. Siam
veröffentlicht.
In diesen
und 2. Spalte r
und Trofimoff-
Schieber als
dargestellt und
Dampfeinström
wird ferner in
beim Nicolai-S
pflegte.
Als Urhe
zur Berichtigu
folgendes zu e
Der grun
und Trofimoff-
Feder und Dar
beim Nicolai-S
und Sinken de
zylinders ein
der Druckaus
während die
den Schieber z

In dem
Semmeringl
werden. Seite
fläche mit 2,16
200 t" ... statt
oben 1896 statt
eine Umstellun
1439, 1450 und
Lieferungen —

In dem B
Fahrzeugba
Seite 269, ist e
nicht auf den
grad der Loko

Für die Sch

1929
84. Jahrgang

Heft 23
1. Dezember

ORGAN
FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN
HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.



Der erst
theoretischen
Abschnitt be
Kommutatorn
wertvollen Bu
Starkstromtec
der Elektrote
Ingenieuren se
recht weite V

Das It-Diagra
und Dipl.-In
bildungen u
Mitglieder
1929.

Jeder, de
weiß, wie ums
Kenngrößen,
und Verbrenn
werden es dah
in Verfahren
zwei oder drei e
genauere Ziffe
ständliche Rec
Ergebnis. Ei

Von der
stehende Zusch

„Im Heft
Aufsatz über die
der kön. Siame
veröffentlicht.

In diesem
und 2. Spalte re
und Trofimoff-S
Schieber als g
dargestellt und
Dampfeinströms
wird ferner in
beim Nicolai-Sc
pflegte.

Als Urheb
zur Berichtigung
folgendes zu erw

Der grund
und Trofimoff-Sc
Feder und Dam
beim Nicolai-Sc
und Sinken der
zylinders ein sc
der Druckausgl
während die D
den Schieber zu

In dem
Semmeringba
werden. Seite 26
fläche mit 2,16 m
200 t“ . . . statt 2
oben 1896 statt 1
eine Umstellung
1439, 1450 und
Lieferungen — la

In dem Beri
Fahrzeugbau
Seite 269, ist ein
nicht auf den Au
grad der Lokomo

Für die Schriftl

1929
84. Jahrgang

Heft 23
1. Dezember

ORGAN
FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.



1929
84. Jahrgang

Heft 23
1. Dezember

ORGAN

FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens
Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen
Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden
84. Jahrgang | 1. Dezember 1929 | Heft 23

Drehscheiben und Lokomotivschuppen.

Anpassung, Umbau und Neubau für die Ansprüche des Betriebes.

Von Vizepräsident **Niemann**, Magdeburg.

Noch kurz vor dem Weltkrieg waren unsere normalen größten Lokomotivdrehscheiben die von 16,14 m Durchmesser. Die 20 m-Scheiben waren nur vereinzelt vorhanden. Bis zu 16 m baute man allgemein ungeteilte Scheiben, bei denen theoretisch früher der Gedanke maßgebend war, die gesamte Last sollte auf dem Königstuhl pendeln, um das Drehen möglichst leicht zu machen. Die vier Randlaufräder nahmen nur die nicht ausgeglichene Zufallslast auf. Bei den wachsenden Lokomotivlasten wurde es schon schwer, die Hauptträger passend zu gestalten. Die Träger wurden sehr hoch, die Gruben damit sehr tief, so daß oft Schwierigkeiten mit dem Grundwasser zu überwinden waren.

Da entstanden dann als Lösung so vieler Schwierigkeiten die geteilten Drehscheiben, die Gelenkdrehscheiben, deren schnelle Aufnahme durch den Patentschutz anfänglich sehr zurückgehalten wurde.

Sie brauchen vor allem gegenüber den ungeteilten Scheiben geringe Trägerhöhen und damit ganz bedeutend geringere Gründungskosten und flache Gruben. Daß die vier Randräder die Hälfte der Last aufnehmen müssen und sich die Scheibe demzufolge theoretisch schwerer dreht, konnte man leicht in den Kauf nehmen. Es ist ja selbstverständlich jede große Scheibe mit Kraftantrieb ausgestattet. Bei den schweren Lokomotiven konnte man nicht daran denken, die großen Lasten noch mit der Hand zu drehen.

Die Lokomotiventwicklung ist heute auf einen solchen Stand gekommen, daß wir mit den alten Drehscheiben und auch mit der von 16 m so gut wie nichts mehr anfangen können. Schon wenn eine P 8=35.17 einen 32 m^3 Tender bekommt, hat sie 16,82 m Radstand, ist sie also auf einer 16 m-Scheibe unmöglich. Wenn man sich mit der Drehscheibenfrage beschäftigen will, muß man sich erst klar werden, wie sehen denn heute und in Zukunft unsere Lokomotiven aus? Die Reichsbahn will 15 Einheitslokomotiven schaffen. (Vergl. Fuchs, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1926 vom 25. Dezember 1926.) Unsere heutigen größten Lokomotiven sind in der Zusammenstellung 1 zusammengestellt.

Man sieht, daß unsere frühere Personenzuglokomotive P 4 gerade halb so viel wiegt wie ihre neue D-Zugschwester, die 2 C 1-Lokomotive S 36.20. Jene wog bei 14,71 m Radstand und 14,9 größtem Achsdruck 92,4 t. Die Einheitslokomotive mit vier Zylindern, S 12 = 36.20 hat 20,2 t größten Achsdruck und bei 20,32 m Gesamtradstand 189 t Gesamtgewicht. An neu zu bauenden kommt für diese Lokomotive nur die neue 23 m-Scheibe der Klasse N mit 350 t Tragfähigkeit in Frage.

Eine Schwierigkeit besteht aber dabei: Diese Scheiben sind sehr teuer. Für eine 23 m-Scheibe neuer Bauart konnte man früher drei oder gar vier andere Scheiben bauen! Wie kann man sich nun helfen, wenn man mit den neuen schweren Lokomotiven fahren will und muß und hat nicht genügend Mittel, 23 m-Scheiben zu bauen. Oft reicht ja auch nicht einmal der Raum dazu. Ich erinnere nur an die Vollringschuppen mit der Drehscheibe in der Mitte.

Wir müssen heute mehr denn je danach trachten und sinnen, mit geringstem Aufwand Größeres zu leisten. Es ist kein Kunststück, Neues und Gutes zu schaffen, wenn man über die Mittel unbeschränkt verfügt, neue Drehscheiben zu kaufen ohne Rücksicht auf die Kosten. Wie man den Zweck erreichen kann mit kleinem Aufwand, unter Verwendung von Vorhandenem, soweit es noch verwertbar ist, dafür sollen hier einige Beispiele gegeben werden.

Bei den Drehscheiben muß man sich zunächst erst über eine ganze Reihe von Maßen klar werden. Ein Blick auf die Zusammenstellung 2 führt uns.

Wenn man eine Achse auf die Scheibe rollt nach Abb. 1, so daß die Scheibe sich gerade noch drehen läßt, so muß das Rad mit seiner Achse um das Maß Ü vom Ende der Scheibe zurückstehen. Das Maß Ü ist abhängig von der Höhe des Spurkranzes (festes Maß) und dem Raddurchmesser, der veränderlich, bei jedem Fahrzeug anders ist.

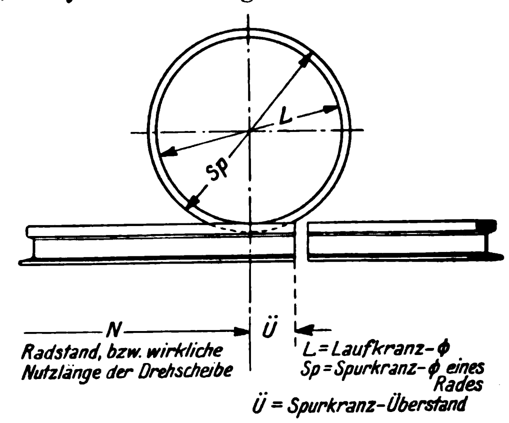


Abb. 1. Äußerste Stellung des ersten oder letzten Rades auf der Scheibe.

In Spalte 14 bis 16 der Zusammenstellung 1 sind darum die Raddurchmesser der Endräder und die Maße Ü angegeben. Spalte 17 gibt die nötige Schienenlänge an, die = Radstand der Lokomotive + $Ü_1$ + $Ü_2$ sein muß. Man braucht also z. B. für eine G 10:14,05 + 0,227 + 0,193 = 14,47 m Länge der Schienen. Dazu käme der Spielraum für das glatte Auffahren. Aus der Schienenlänge S, auf Mitte Schienenkopf ermittelt — die Schienen werden ja schräg abgeschnitten —, ergibt sich der Scheibendurchmesser als die Diagonale D zwischen zwei schräg gegenüber liegenden Schienenmitten. Aus dem Scheibendurchmesser erhält man den Grubendurchmesser G, der in Verlängerung des Scheibendurchmessers bis an den inneren Rand der Grubeneinfassung zu messen ist. Die theoretische Nutzlänge N der Scheibe ist gleich Schienenlänge vermindert um die Spurkranzüberstände.

Die vier Maße gibt Zusammenstellung 2, in die auch die Tragfähigkeit der Scheiben aufgenommen ist (siehe auch Abb. 2).

Wenn man nun die Lokomotivradstände aus Zusammenstellung 1 mit den bisherigen Lokomotivnormaldrehscheiben genau betrachtet, und daran denkt, daß jede Scheibe für sicheres Auffahren, für günstiges Einstellen bzw. Einfahren des Schwerpunktes einen kleinen oder größeren Spielraum

Zusammenstellung 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Lfd. Nr.	Bezeichnung		Bauart-reihe	Länge über Puffer	Größter Rad-stand	Größter Pufferüberstand	Betriebsgewicht			Lokomotivgewicht für das lfd. m	Größter Achsdruck	Reibungs-gewicht	Laufkreis-durchmesser der		Spur-kranz Über-stand Ü Abb. 2	Erforderliche Schienenlänge bei Drehscheiben Sp. 2 + 2 × Sp. 16 Mitte Schiene	Bemerkung Sp. = Spalte
	alt	neu					Lokomotive	Tender	Lokomotive + Tender				Vorder-Achse L	Hinter-Achse L_1			
			m	m	m	m	t	t	t	t	t	t	m	m	m	m	
1	P 4	P 24.15	360—5	17,61	14,71	1,45	50,4	42,0	92,4	5,35	14,9	29,6	1,0	Tender 1,0	0,193	15,096	
2	P 6	P 34.15	370—2	17,96	14,05	2,46	57,1	42,0	99,1	5,59	15,2	44,6	1,0	,,	0,193	14,436	
3	P 8	P 35.17	3810—14	18,06	15,67	1,50	78,2	49,6	127,8	6,88	17,7	51,6	1,0	,,	0,193	16,056	21,5 m^3 Tender
4	P 8	P 35.17	3810—14	19,95	16,62	Lokomotive 1,5 Tender 1,83	78,2	65,1	143,3	7,18	17,7	51,6	1,0	,,	0,193	17,006	31,5 m^3 Tender
5	P 8	P 35.17	3810—14	20,15	16,82	Lokomotive 1,5 Tender 1,83	78,2	65,1	143,3	7,11	17,7	51,6	1,0	,,	0,193	17,206	,,
6	P 10	P 45.19	390	22,98	19,30	1,85	110,4	65,1	175,5	7,59	19,4	75,7	1,0	,,	0,193	19,686	
7	S 6	S 24.17	1310—14	18,35	15,265	1,65	60,6	49,7	110,3	5,97	17,6	34,7	1,0	,,	0,193	15,651	
8	S 10	S 35.17	170	19,39	16,47	1,50	77,2	62,9	140,1	7,24	17,5	50,9	1,0	,,	0,193	16,856	
9	S 10[1]	S 35.17	1710	20,91	17,47	Lokomotive 1,61 Tender 1,83	83,1	62,9	146,0	6,98	17,8	53,2	1,0	,,	0,193	17,856	
10	S 10[2]	S 35.17	172	21,20	17,47	1,90	80,9	62,9	143,8	6,76	17,8	53,4	1,0	,,	0,193	17,856	
11	—	S 36.20 Einh.-Lok.	01	23,75 2 Zyl.	20,32	Lokomotive 1,65 Tender 1,78	108,9	75,5	184,4	7,73	20,2	59,2	0,85	,,	0,179 [1])	20,692	[1]) 0,193 b. d. Tender
12	—	S 36.20 Einh.-Lok.	02	23,75 4 Zyl. Verb.	20,32	Lokomotive 1,65 Tender 1,78	113,5	75,5	189,0	7,93	20,2	60,3	0,85	,,	1,179 [1])	20,692	,,
13	G 8[1]	G 44.17	5525—56	18,29	13,155	3,415	69,9	45,8	115,7	6,33	17,6	69,9	1,350	,,	0,223 [1])	13,571	,,
14	G 8[2]	G 45.17	5520—30	16,97	13,875	Lokomotive 1,5 Tender 1,6	83,5	46,5	130,0	7,64	17,7	70,2	1,0	,,	0,193	14,261	,,
15	G 10	G 55.15	5710—40	18,91	14,05	3,14	76,6	45,8	122,4	6,48	15,4	76,6	1,40	,,	0,227 [1])	14,470	,,
16	G 12	G 56.16	5810—22	18,42	15,37	1,50	95,7	46,5	142,2	7,56	16,7	82,5	1,0	,,	0,193	15,756	
17	G 12[1]	G 56,17	580	20,34	17,345	1,57	98,8	49,7	148,5	7,37	17,1	84,3	1,0	,,	0,193	17,731	
18	—	G 56.20 Einh.-Lok.	44	22,07	19,27	Lokomotive 1,65 Tender 1,78	114,1	75,5	189,6	8,21	20,1	99,4	0,85	,,	0,179 [1])	19,642	[1]) 0,193 b. d. Tender
19	T 3	G_t 33.12	8970—77	8,59	3,0	3,128	35,9	—	—	4,17	12,0	35,9	1,10	1,10	0,202	3,404	
20	T 13	G_t 44.15	925—10	11,10	5,275	3,25	59,9	—	—	5,40	15,5	59,9	1,25	1,25	0,215	5,705	
21	T 14[1]	G_t 46.17	935—10	13,18	9,30	2,625	104,0	—	—	7,54	17,5	70,0	1,0	1,0	0,193	9,686	
22	T 16[1]	G_t 55.17	943	12,66	5,80	3,66	84,9	—	—	6,11	17,2	84,9	1,35	1,35	0,223	6,246	
23	T 20	G_t 57.19	950	15,10	11,90	1,60	127,4	—	—	8,45	19,5	95,3	0,85	0,85	0,179	12,258	

Durchmesser des Laufkreises der Tender und Wagen = 1,0 m. — Spurkranzüberstand = 0,193 m.

Zusammenstellung 2.

Drehscheibendurchmesser D	Drehscheiben-Grubendurchmesser G	Schienenlänge auf der Drehscheibe S	Nutzlänge¹) N	Tragfähigkeit der Drehscheibe
m	m	m	m	t
16,14	16,20	16,07	15,684	100
16,50	16,56	16,432	16,046	130
18,20	18.26	18,14	17,754	150
20,00	20,06	19,94	19,554	150 bis 170
21,50	21.56	21,45	21,064	240²)
23,00	23,06	22,95	22,564	350³)

¹) Berechnet für Laufkreisdurchmesser = 1 m, ²) „E"-Scheibe, ³) „N"-Scheibe.

braucht, so kommt man zu folgendem Ergebnis: Der Spielraum muß bei ungeteilten Scheiben, wo man den Schwerpunkt tunlichst über den Königstuhl fahren soll, größer sein als bei Gelenkscheiben, bei denen es gleichgültig ist, wie sich die Lasten auf Königstuhl und Randräder verteilen.

Die alte 16,14 m-Scheibe reicht nur noch für die kleinen Lokomotiven Nr. 1, 2, 3, 7, 13, 16, 19 bis 23 der Zusammenstellung 1. Darunter ist außer den G- und T-Lokomotiven nur die P 8 mit 21,5 m³-Tender.

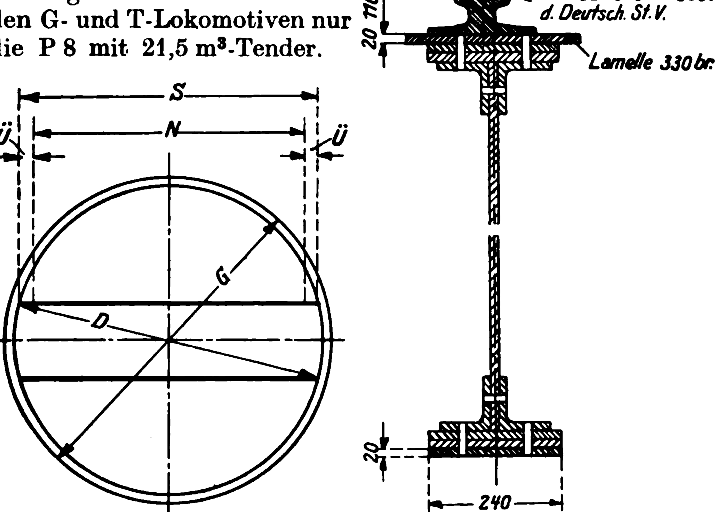


Abb. 2. Drehscheibenmaße.

Abb. 3. Querschnitt des verstärkten Hauptträgers der 16,5 m Drehscheibe.

Man muß also die 16,14 m-Scheibe unbedingt verlängern und da sie nur 100 t Tragfähigkeit hat, dabei verstärken. Die P 8 wiegt 127 t, überanstrengt also die Scheibe bereits mit 27%.

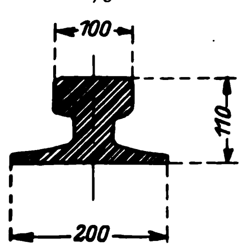


Abb. 4. Kranschiene.

Die Verstärkung ist einfach durch Auflegen zweier Gurtplatten 330.20 bzw. 240.20 mm zu erreichen. (S. Abb. 3.) Das Widerstandsmoment wächst damit von 16760 cm³ auf 21480 cm³ oder um ~ 28%. Die Scheibe reicht für ~ 130 t Nutzlast bei 700 kg/cm² Beanspruchung der Träger. Den Höhenunterschied des neuen Trägers gegen den alten gleicht man aus durch Austausch der 134 oder 138 mm hohen Schiene, Profil 6 oder 8 gegen eine Kranschiene nach Abb. 4. Diese hat eine Höhe von 110 mm bei einem Widerstandsmoment W=219 cm³. Bei der Größe des Widerstandsmomentes ist sie imstande, einen Raddruck von 12,5 t noch 25 cm frei zu tragen. Man sollte darum dann die alte 16,14 m-Scheibe gleich auf 16,5 m bringen, was ohne Veränderung der S. O. der Scheibe und der auflaufenden Gleise möglich ist (siehe Abb. 5). Man

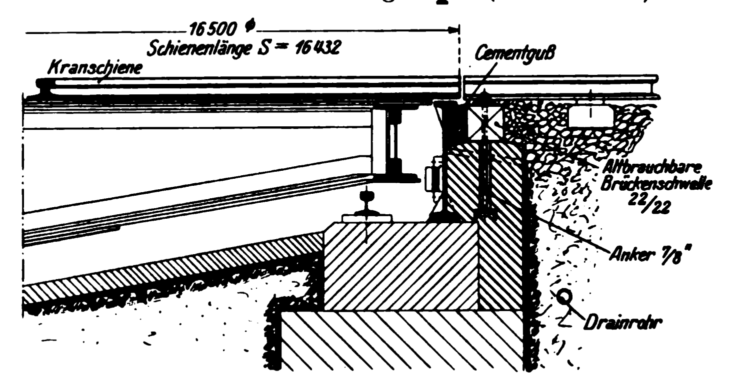


Abb. 5. Schnitt durch eine 16,5 m-Scheibe.

kann dann eine P 8 (21,5 m³-Tender) glatt auffahren. Die Lösung ist außerordentlich wirtschaftlich, weil man an den Fundamenten und dem Kranz nichts zu ändern hat. Die Kranschiene geht mit 2,0 cm Spiel glatt über Oberkante Kranz hinweg. Wenn man aber die P 8 mit 31,0 m³-Tendern fährt, reichen die 16,5 m-Scheiben auch nicht mehr.

Man kommt dann zu einem weiterreichenden Umbau, der dann allerdings einen nicht mehr auszugleichenden Höhenunterschied von 24 cm bringt. Die Scheibe muß neue Fundamente bekommen, wenn man die S. O. der ankommenden Gleise nicht heben kann. Verwendet man eine Kranschiene, gegen ein Profil 8, so kann man die 24 auf 21 cm drücken. Die Hauptträger der Scheibe erhalten unten eine neue Gurtplatte 240.20 und oben ein 24 B-Profil als Gurtverstärkung (s. Abb. 6 und 7). Das W_{neu} wird

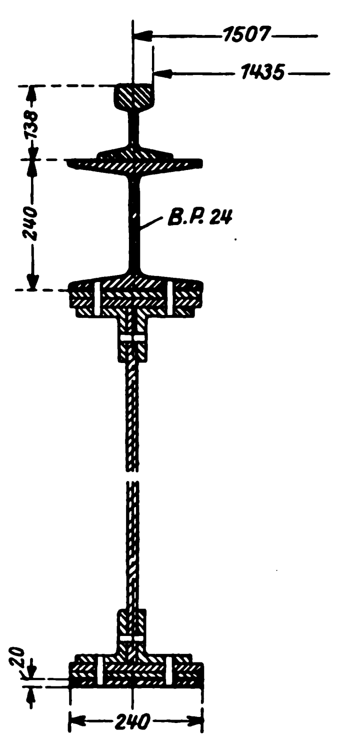


Abb. 6. Querschnitt des verstärkten Hauptträgers der 18,2 m-Drehscheibe.

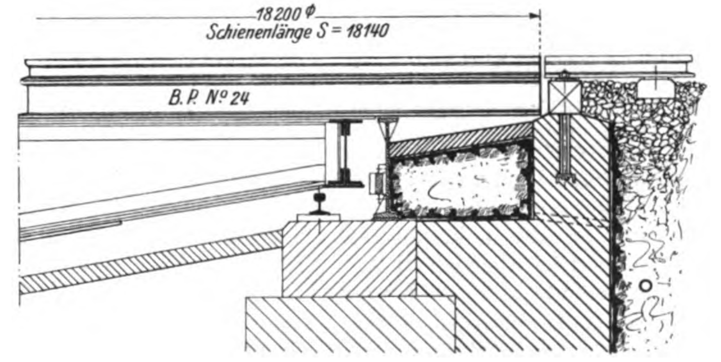


Abb. 7. Verlängerung einer 16,14 m-Scheibe auf 18,2 m.

= 21900 cm³ gegen W_{alt} = 16760 cm³. Bei einer Beanspruchung von 900 kg/cm² reicht die Scheibe für ~ 150 t schwere Lokomotiven.

Der 24 B-Träger trägt einen 12,5 t Raddruck 1,10 m frei; man kann also damit nach Abb. 7 die 16,14 m-Scheibe auf

18,2 m bringen und sie damit für die Lokomotiven Nr. 1 bis 5, 7 bis 10, 13 bis 17, 19 bis 22 verwendbar machen, d. h. für alle Lokomotiven mit Ausnahme der P 10 und der Einheitslokomotiven 01 bis 06 und 44. Wenn die Scheibe neu aufgebaut wird, fallen die besonderen Kosten für die Fundamentänderungen fort, man bekommt also so mit ganz geringem Aufwand eine sehr leistungsfähige Scheibe, die sogar die Lokomotive S 10¹, die 17,86 m Schienenlänge braucht und 146 t Dienstgewicht hat, aufnehmen kann. Außer dieser Hauptverstärkung brauchen an der Scheibe nur die Hängebolzen am Königstuhl durch solche von hochwertigem Material ersetzt zu werden, da die bisher normalen bei 150 t-Lokomotiven um 21,2% überlastet werden.

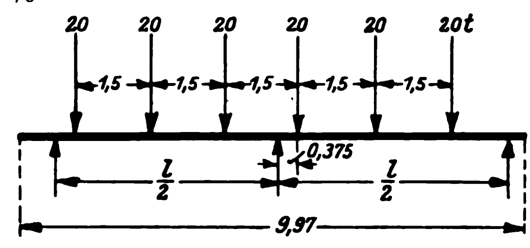


Abb. 8. Eine Lokomotive nach Lastenzug E auf der linken Hälfte einer 20 m-Scheibe.

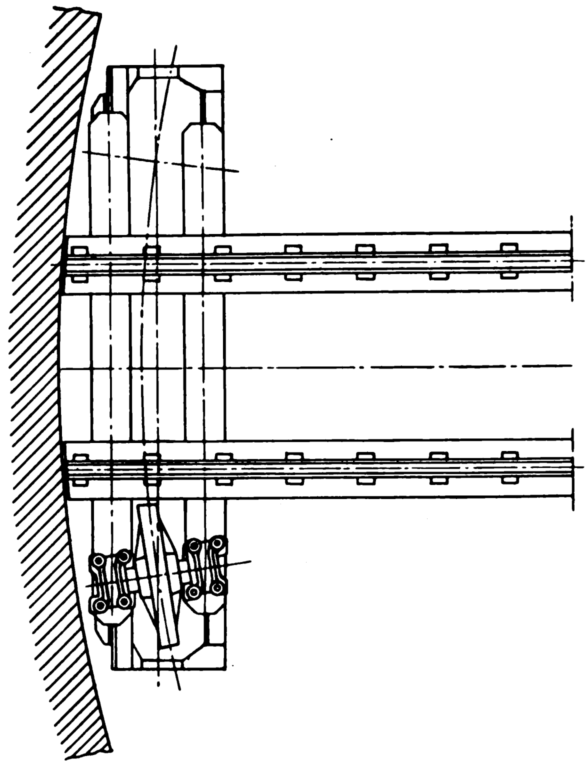


Abb. 9. Normaldrehscheibe mit geraden Kopfträgern.

Wo alte 20 m-Scheiben vorhanden sind, braucht man sie nicht zu verändern, wenn 01 und 02 sowie die 44er Maschinen nicht hinkommen. Sie reichen mit ihrer 150 bis 170 t-Tragfähigkeit für alle Lokomotiven bis einschließlich der P 10, die 175,5 t Dienstgewicht hat. Wenn man aber eine 20 m-Scheibe umändern, überholen oder an eine andere Stelle setzen muß, so sollte man sie unter allen Umständen unter Verstärkung der Gurte auf 21,5 m Länge bringen. Ihre Tragfähigkeit ist dabei leicht auf 240 t zu erhöhen und die Scheibe reicht dann also für Klasse E. Die Lokomotive des Lastenzuges E (s. Abb. 8) wiegt 120 t bei 7,5 m Radstand. Die gebogenen Kopfträger werden dabei durch grade ersetzt, wie bei der Einheitskonstruktion (s. Abb. 9). Die 21,5 m-Scheibe reicht für alle Lokomotiven. Die größte Lokomotive hat 189 t Dienstgewicht und braucht 20,696 m Schienenlänge zum Drehen.

Die Kosten der geschilderten Umbauten sind gering und der erreichte Vorteil ist doch recht erheblich. Die alten 16,14 m-Scheiben, von denen man so viele hat, auf 18,2 gebracht, reichen für Bahnhöfe mittlerer Größe und Verschiebebahnhöfe noch lange.

Wichtig ist ja dabei auch die Platzfrage, die oft davon abhält, 23 m Scheiben hinzustellen.

Der Raum, den man für Scheiben verschiedenen Durchmessers braucht, ist genau bestimmt und läßt sich aus den Überständen der auf der Scheibe jeweils größten drehbaren Lokomotiven errechnen. Beispiel: Auf eine 16,5 m-Scheibe wird als ungünstigste Lokomotive eine G 8¹ mit 3,415 m Pufferüberstand gefahren. Als Mindestabstand eines festen Gegenstandes von Scheibenmitte braucht man

½ Schienenlänge — Spurkranzüberstand

$= \frac{16{,}43}{2} - 0{,}223 =$ 7,99
Pufferüberstand 3,42
Spielraum 0,50
11,91 = ~ 12,00

Der Abstand des Drehscheibenmittelpunktes von einem neben der Scheibe verlaufenden Gleis soll nach der „Anweisung für das Entwerfen von Eisenbahnstationen" sein

bei einer 16,14 m-Scheibe 12,50
„ „ 20 „ „ 15,50
„ „ 23 „ „ . . . . 17,00.

Bei einer 16,5 m-Scheibe errechnet er sich

½ S — Ü 7,99
Pufferüberstand 3,46
halbes L. R.-Profil 2,22
14,35 = ~ 14,50 m

Danach errechnet sich Zusammenstellung 3 (vergl. hierzu auch Abb. 10).

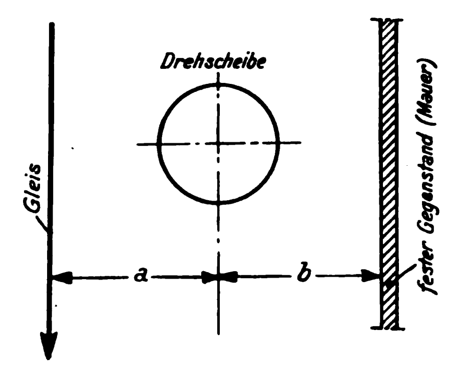


Abb. 10. Abstände der Drehscheiben von Gleisen und festen Gegenständen.

Zusammenstellung 3.

(Siehe Abb. 10.)

Drehscheibendurchmesser D	Drehscheiben-Grubendurchmesser G	Schienenlänge auf der Drehscheibe S	Nutzlänge ¹) N	Tragfähigkeit der Drehscheibe	Abstände a	Abstände b
m	m	m	m	t	m	m
16,14	16,20	16,07	15,68	100	12,5	12,0
16,50	16,56	16,432	16,04	130	14,5	12,0
18,20	18,26	18,14	17,75	150	15,5	11,5
20,00	20,06	19,94	19,55	150 bis 170	15,5	12,5
21,50	21,56	21,45	21,06	240	17,0	13,0
23,00	23,06	22,95	22,56	350	17,0	14,0

¹) Berechnet für Laufkreisdurchmesser = 1 m.

Wie schon a. O. darauf hingewiesen, sei auch hier nochmals darauf aufmerksam gemacht, daß es zur leichteren Ver-

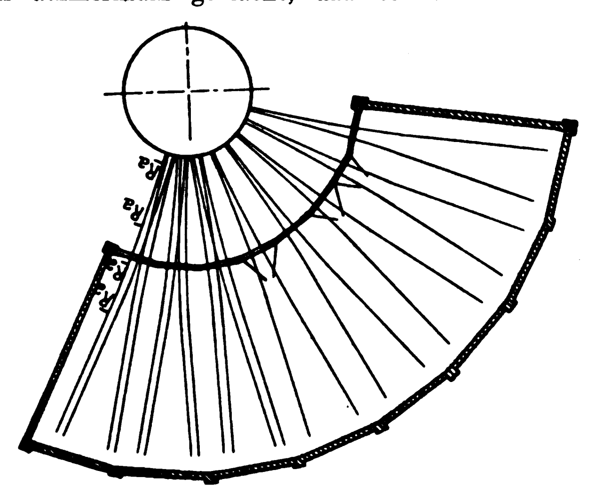


Abb. 11. Schuppenbauart „Potsdam“.

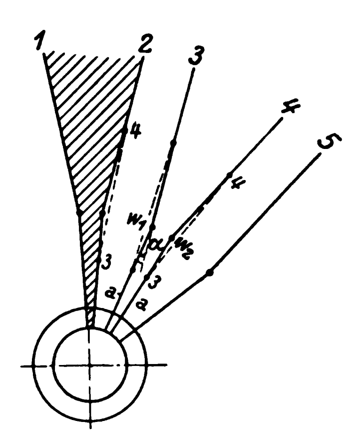


Abb. 12. Gleiskonstruktion bei Schuppen Potsdamer Bauart.

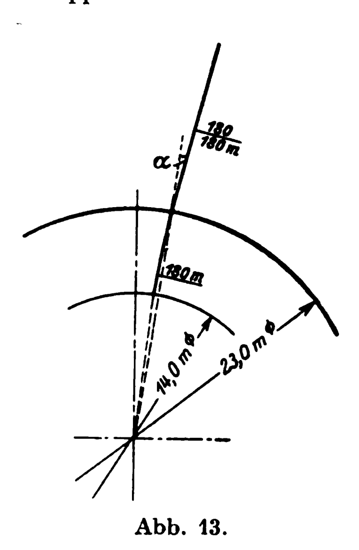


Abb. 13.

ständigung im Betriebe unbedingt nötig ist, alle Drehscheiben eines Bahnhofs fortlaufend wie die Weichen, Wasserkrane, Gasfüllständer, Heizständer und Luftfüllständer zu nummerieren. Auf ein großes Schild ist weit sichtbar unter der Nr. der Durchmesser der Scheibe, ihre Klasse (N, E oder G) und ihre Tragfähigkeit anzuschreiben. Dann heißt der Auftrag vom Stellwerk Wx z. B.: „Vorfahren nach Scheibe 4“.

Was mit einer guten Ausgestaltung an Drehscheiben betrieblich zu erreichen ist, brauche ich hier wohl kaum näher auszuführen. Wie wird die Fahrplangestaltung, der Lokomotivumlaufplan, die Zugbespannung vereinfacht, welche Unsumme von Leerfahrten über die Strecke und durch Bahnhöfe werden erspart, wenn man überall die richtige Drehscheibe zur Verfügung hat. Man denke nur an einen Durchgangsbahnhof, auf dem ein Teil der Züge kehrt oder kopfmacht. Man muß heute jedes Entbehrliche ausscheiden. Nicht nur, daß jede unnötige Lokomotivfahrt durch den Bahnhof eine Gefahr bringt, nein, viele unserer Bahnhöfe mit ihren alten, nicht umzugestaltenden Gleisanlagen und der zum Teil beschränkten Gleiszahl sollen heute erhöhte Zugzahlen aufnehmen und was das schlimmste ist, bündelweise. Da ist jede abwendbare Lokomotivfahrt auszumerzen. Es lassen sich da leicht hunderttausend Lokomotivkilometer und viele Lokomotivstunden ersparen. Man prüfe einmal nach! Man erstaunt, wenn man beim Zählen in 3 Stunden über 100 Lokomotivfahrten feststellt, von denen sich $^1/_3$ ersparen ließen. Wichtig

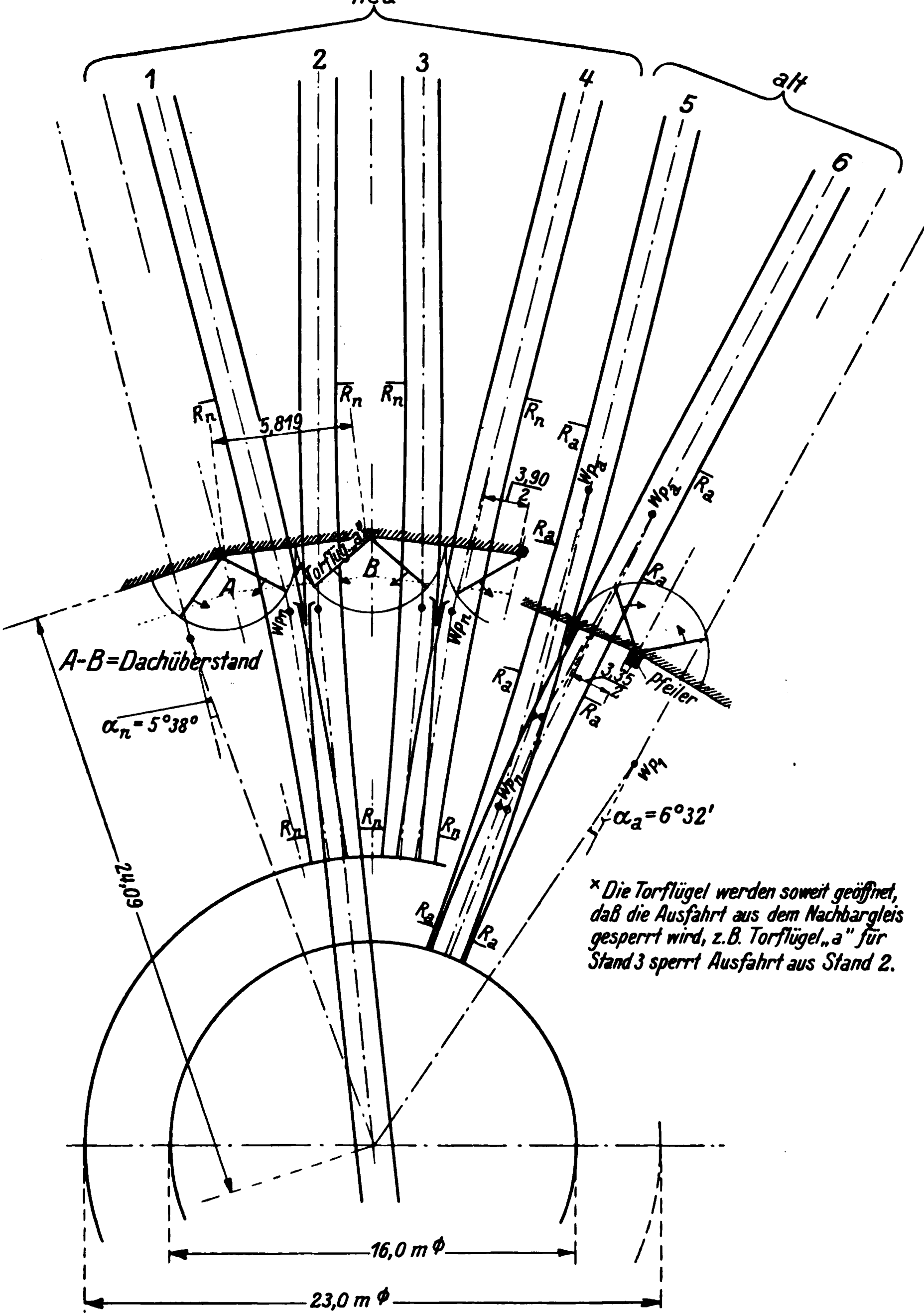


Abb. 14. Einbau einer 23 m-Scheibe vor einem Potsdamer Schuppen als Ersatz für eine solche von 14 oder 16 m.

ist, die Lokomotivfahrten da zu sparen, wo man die Gleise am dringendsten braucht.

Eine Drehscheibe zur rechten Zeit auf richtige Länge und Tragfähigkeit gebracht, hilft da sehr*).

Im Anschluß an diese Darlegungen will ich nun noch die Lösung einer interessanten Ingenieuraufgabe mitteilen. Es handelte sich darum, nach vorstehenden Grundsätzen eine nicht mehr betriebsfähige Scheibe zu erneuern und zu verlängern, die vor einem Rundschuppen Bauart „Potsdamer Bahnhof", lag, also vor einem Schuppen mit „zwei Gleisen durch ein Tor". Die Gleise sind hier alle gekrümmt von der Scheibe an bis in den Schuppen hinein. Die Schuppenbauart (s. Abb. 11) hat sehr viel Bestechendes, vor allem für Schuppen

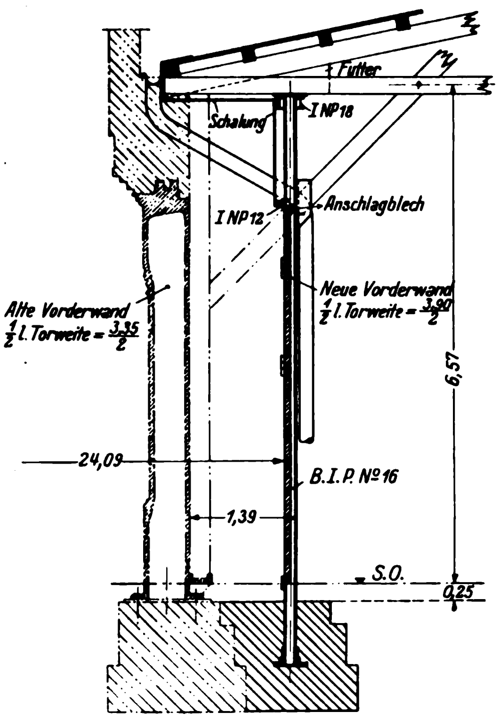


Abb. 15. Umbau der inneren Lokomotivschuppenwand zwecks Schaffung größerer Torweiten.

für kurze Lokomotiven. Man braucht eine sehr geringe Grundfläche für diese Ringschuppen nebst Scheibe. Der Abstand der Torwand von Mitte Scheibe ist sehr klein, die Schuppen lassen ich daher leicht in Bahnhofspläne einfügen, bei denen der Raum beengt ist. Der überbaute Raum ist allerdings bei den Schuppen erheblich, gemessen an Schuppen normaler Bauart — ein Tor, ein Gleis, alle Gleise gradlinig —. Der Verbrauch an überbautem Raum wird vor allem unangenehm fühlbar, wenn die Schuppenstände sehr lang sein müssen.

Der Grundgedanke beim Aufbau dieser Schuppen ist folgender (Abb. 12):

Man geht von dem Scheibendurchmesser als gegeben und feststehend aus, z. B. 14 oder 16 m. Man zieht nun von Mitte Scheibe zwei Strahlen a bis a als Gleismitten so, daß der Abschnitt auf dem Kranz so groß ist, daß zwei nicht zum selben Gleis gehörige Schienenfüße und die Befestigungsmittel dazu auf dem Kranz Platz haben. Bei den ideellen Winkelpunkten W_1 W_2 werden die Strahlen um den Winkel α abgeknickt, der bei unserem Beispiel $6^0\,32'$ beträgt, um die Gleise schnell auseinander zu bekommen. Da sich die Gleise bei der engen Anordnung überschneiden und bisher die Forderung unumstößlich war, das Herzstück in die Grade zu legen, so wurde noch die Grade 3 bis 4 mit den beiden Hilfswinkelpunkten 3 und 4 eingeschaltet. Um nicht zu breite Tore zu erhalten, wurde das ganze so eingerichtet, daß die Herzstückspitze in der Torwand lag. Die entstandenen Winkel sollten tunlichst, um für alle Lokomotiven fahrbar zu sein, mit 180 m Halbmesser überwunden werden. Die nach vorstehendem erhaltene (schraffierte) Figur wurde nun so umgeklappt, daß man die Stände 6 und 7 im Schuppen zu einander parallel erhielt. Den Gleisabstand der parallelen Gleise, der heute 5,5 m sein soll, wählte man nach dem Normalprofil + 20 cm für eine Bindersäule zu 4,2 m. Die halbe lichte Torweite war s. Z. nur $\frac{3,35}{2}$ m, so daß sich die wirkliche Torbreite zu $2 \cdot \frac{3,35}{2} + \frac{1}{2}$

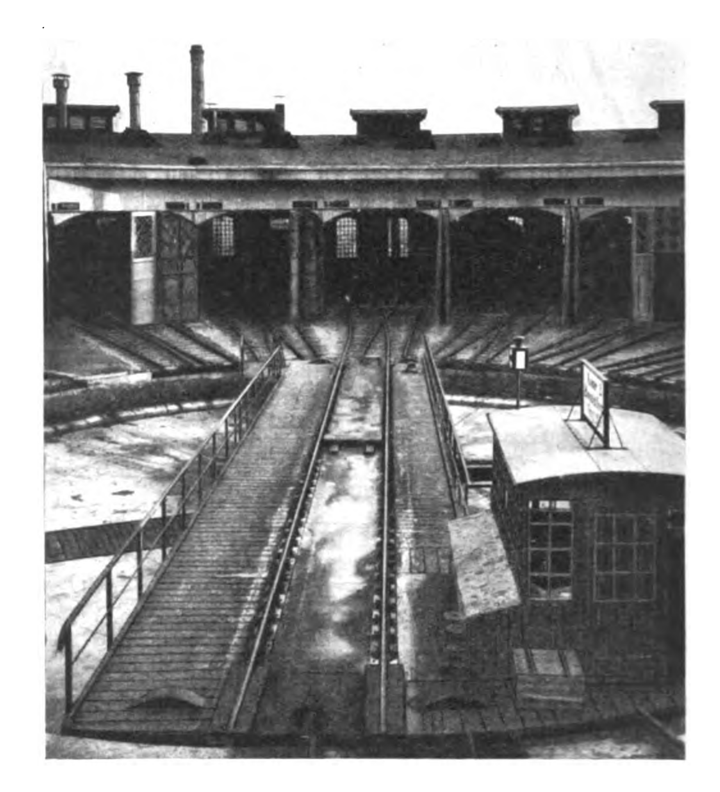


Abb. 16. Lokomotivschuppen 3, Halberstadt.

Spurweite $\simeq$ 4,1 ergab. Das erlaubte, daß man mit der Türwand sehr nahe an die Drehscheibe heran kam. Da man mit dem engen Gleisteil hinter der Torwand doch nichts anfangen konnte, wenn man die nebeneinander stehenden Lokomotiven sich nicht behindern lassen wollte, nutzte man den Raum dadurch, daß man die Tore nach innen aufgehen ließ. Die Schuppen waren ganz brauchbar aus den eingangs geschilderten Gründen, vor allem bei den z. Z. so kurzen Lokomotiven.

Aber nun kommt der Hauptübelstand bei diesen Schuppen. Man hat übersehen, an die Weiterentwicklung zu denken. Was macht man, wenn man eine größere Scheibe braucht. Die Gleisenden mit einer größeren Scheibe zu schneiden, ist doch schlechterdings unmöglich, man bekommt dabei eine Fahrt nach Abb. 13. Das Gleis auf der Scheibe muß doch unbedingt an die abgehenden Gleise außerhalb der Scheibe tangieren! Hat man eine 14 m-Scheibe nach Abb. 13 und will eine von 23 m einbauen, so schneidet man vom Bogen 11,5 — 7 = 4,5 m ab. Bei 180 m Halbmesser würde der Knick $\alpha = \frac{2 \cdot 4,5}{360 \cdot \pi} = 1^0\,26'$ betragen. Also unmöglich.

Die Lösung der Aufgabe gibt Abb. 14 nach folgenden Überlegungen: Es gilt, den Bogenanfang um rund 4,5 m vom Mittelpunkt abrücken. Zunächst macht man sich den

*) Vergl. V. W. 1926, S. 659, Nr. 51 vom 12. Dezember 1926, wo ich über eine ähnliche Aufgabe berichtete.

bei den Magdeburger Weichen, die sich seit $4^3/_4$ Jahren sehr bewährt haben, weitgehendst und allgemein angewendeten Grundsatz, die Kurve durch das Herzstück zu führen, zu nutze; damit gewinnt man an Zentriwinkel, da die störende Herzstückgerade entfällt.

Da das bei dem großen Unterschied zwischen 14, 16 und 23 m-Scheibe noch nicht genügt und vor allem deshalb nicht, weil man auch die enge Torweite von 3,35 auf wenigstens 3,8 erweitern sollte, so schiebt man die Strahlen a a nur ein wenig auseinander, so daß der Winkel α aus $6^0\ 32'$ $\alpha = 5^0\ 38'$ wird. Durch die Verkleinerung des Winkels α wird auch schon bei 180 Halbmesser 2,83 m Kurvenlänge gewonnen.

Die beiden Zwischenwinkelpunkte W_3 und W_4 (Abb. 12) entfallen. Die einheitlich durchgehende 180 m-Kurve reicht von der Drehscheibe ($\sim$ 1 m Vorgrade vom Scheibenrand) bis zur Schuppengraden, das Herzstück wird ein Herzstück 1:6,8 im Bogen verlegt, die Endherzstücke 1:9,35, weil die Endstände gerade sind.

Die Torwand mit ihren schweren Torpfeilern rückt um 1,5 m zurück. Die Torpfeiler werden B-Profile N P 16. Die Tore läßt man nach außen aufschlagen. Die Tore werden wieder verwendet, nachdem man den einen Flügel um 80 cm verbreitert hat. Als halbe Torweite ist bei offenstehendem Tor $\frac{3,9}{2}$ erreicht. Die zweite Hälfte ist durch das Nachbargleis reichlich breit in seiner Lichtweite. Die Abfangung des Daches auf den neuen Torflügelpfeiler zeigt Abb. 15.

Der ganze Schuppen ist nunmehr, ohne die Arbeitsgruben ändern zu müssen, für alle Lokomotiven benutzbar. (Verlängerung der Stände nach hinten heraus gehört nicht hierher.) Die Arbeitsgruben bleiben unverändert. Dadurch, daß die Tore nach außen statt wie früher nach innen schlagen, erhält man für jeden zweiten Stand zur Not noch größere Standlänge, wenn man immer eine kurze und eine lange Lokomotive nebeneinander stellt. Der einzige Nachteil, der bleibt, aber leicht zu ertragen ist, ist der, daß, wenn eine Lokomotive aus Stand 3 ausfährt, die vier Nachbarstände 1, 2, 4 und 5 mit gesperrt sind. Das schadet nicht. Denn es kann ja immer nur eine Lokomotive auf die Scheibe fahren. Bleibt nur das mehrmalige Torbewegen übrig.

Wie die fertige Scheibe mit der Torwand und dem Gleisstern aussieht, zeigt Abb. 16 und 17 (Lichtbilder).

Mit dieser Lösung ist der ganze Schuppen mit 28 Ständen gerettet. Ohne sie hätte man bestenfalls unter hohen Kosten — Ändern aller Löschgruben und der Binderstiele — allenfalls die Hälfte der Stände retten können. Die Kosten sind sehr gering, zumal wenn man die für die Scheibe abzieht.

Bei der Neugestaltung der Schuppenzufahrt wurde diese nebenbei durch Verwendung Magdeburger Weichen 1:7 (190) für die größten Lokomotiven auch sehr günstig gestaltet.

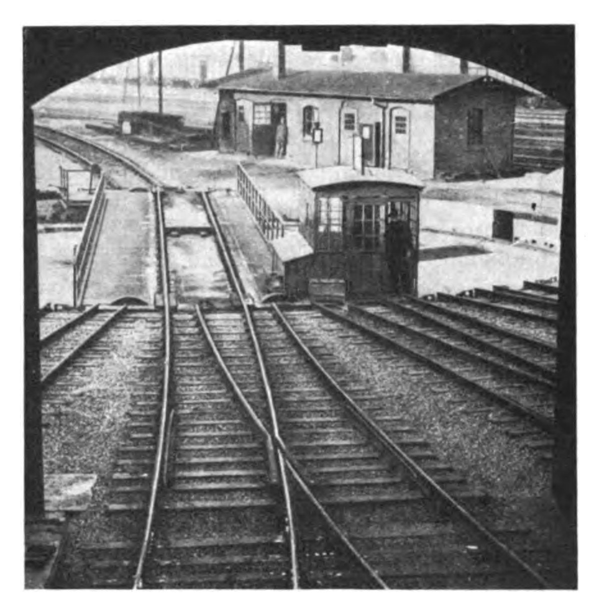


Abb. 17.
Blick auf die 23 m-Scheibe aus dem Innern des Schuppens.

Zusammenfassung.

An der Hand der Abmessungen und Gewichte der größten vorhandenen und geplanten Lokomotiven werden die nötigen Lokomotivdrehscheibendurchmesser ermittelt und die Abstände der Scheibe von festen Gegenständen und Gleisen. Es wird gezeigt, wie man alte Drehscheiben durch Verstärken und Verlängern weiter verwendbar machen kann. Zum Schluß wird ein schwieriger Lokomotivschuppen- mit Drehscheiben-Umbau beschrieben, bei dem man unter normalen Verhältnissen die Drehscheibe in ihrem Durchmesser nicht verändern kann.

Dieselelektrische Lokomotiven *).

Von Dr. Ing. W. Grüning.

Lokomotiv-Dieselmotoren müssen eine Reihe besonderer Forderungen erfüllen. Gewöhnliche Dieselmotoren sind infolge ihres großen Gewichtes für Bahnzwecke völlig ungeeignet. Durch Erhöhung der Drehzahl erreicht man genau wie im Elektro-Maschinenbau eine wesentliche Gewichtsverminderung. Allerdings wachsen dann die Schwierigkeiten, eine einwandfreie Verbrennung zu erzielen und die Massenkräfte zu bewältigen. Dadurch sind der Drehzahlerhöhung bald erreichte Grenzen gesetzt. Immerhin ist es möglich, große Dieselmotoren mit einem Gewicht von 10 kg/PS zu bauen, welche für den Bahnbetrieb geeignet sind. Der leichteste, bisher bekanntgewordene Bahn-Dieselmotor hat ein Gewicht von 1070 kg bei 150 PS und 1300 Umdr./min. Auch der später erwähnte Dieselmotor der Beardmore-Gesellschaft von 1330 PS bei 800 Umdr./min. dürfte infolge seiner verhältnismäßig hohen Drehzahl sehr leicht sein. Das Zweitaktverfahren, welches an sich eine Gewichtsersparnis ergibt, hat sich im Bahn-Dieselmotorenbau nur wenig eingeführt, da es langsam laufende Motoren bedingt, die infolgedessen auch wieder schwerer sind.

Das bekannt gewordene Aufladeverfahren von Büchi, bei dem die Verbrennungsluft nicht etwas unter Atmosphärendruck angesaugt wird, sondern mit einem Überdruck von etwa $^1/_3$ at in den Zylinder eingepreßt wird, gestattet bei gegebenem Gewicht eine Leistungssteigerung von etwa 25 bis 30%. Den Kompressor treibt man zweckmäßig durch eine Abgasturbine an, welche von den Abgasen des Dieselmotors gespeist wird.

Die Einhaltung des engen Bahnprofils erschwert weiterhin den Entwurf der Fahrzeug-Dieselmotoren. Auf Einfachheit der Bedienung und Betriebssicherheit muß ganz besonderer Wert gelegt werden, da das Personal, welches mit diesen Maschinen im Bahnbetrieb zu tun hat, nicht so geschult und überwacht werden kann wie das Bedienungspersonal ortsfester Anlagen. Rauch- und geräuschlose Verbrennung sind besonders anzustreben, um die Reisenden möglichst wenig zu belästigen. Das Ziel ist aber mit Rücksicht auf die schnelllaufenden Motoren nicht leicht zu erreichen, auch weil große Auspufftöpfe auf den Lokomotiven nicht untergebracht werden können. Infolge der gedrängten Bauform und hohen Drehzahl erwärmen sich die Bahn-Dieselmotoren besonders schnell und es ist deshalb auf reichliche Bemessung

*) Gekürzte Wiedergabe eines Vortrages, gehalten vor dem E.T.V. Darmstadt im Februar 1929.

des Kühlers zu achten. Die Schwierigkeiten bei der ersten großen dieselelektrischen Lokomotive von Lomonossoff, welche dazu führten, im Sommer einen besonderen Kühltender mitzuschleppen, sind bekannt. Der Dieselmotor ist gegenüber seiner normalen Leistung im Drehmoment überhaupt nicht und in der Drehzahl nur wenig überlastungsfähig. Dies bedeutet für den Bahnbetrieb einen großen Mangel, der sich lediglich bei Verwendung der elektrischen sehr elastischen Kraftübertragung nicht allzusehr bemerkbar macht, aber dazu führt, daß eine Dieselmaschine bei gleicher Betriebsleistung stets eine größere Nennleistung wird haben müssen als z. B. eine elektrische Lokomotive.

Der Dieselmotorenbau ist heute soweit fortgeschritten, daß man Bahnmotoren von etwa 1500 PS Dauerleistung betriebssicher und genügend leicht bauen kann. Die größte bisher in Betrieb gesetzte dieselelektrische Lokomotive hat zwei Dieselmotoren und eine Gesamtleistung von 2660 PS. Da Dampflokomotiven und elektrische Lokomotiven immer noch mit um näherungsweise 50% höherer Leistung ohne Schwierigkeiten gebaut werden und dann außerdem noch zeitweise um rund 30 bis 50% darüber hinaus beansprucht werden können, wird eine Diesellokomotive vorläufig für den Schnellzugverkehr, wo die hohen Leistungen besonders benötigt werden, kaum in Frage kommen, sondern nur für den Rangier- und Personenzugverkehr.

Es erscheint widersinnig, bei Diesellokomotiven die Energieübertragung zwischen dem Dieselmotor und den Triebachsen auf elektrischem Wege vorzunehmen, da hierbei die Leistung scheinbar unnötig zweimal umgeformt werden muß, nämlich aus der mechanischen in die elektrische und aus der elektrischen in die mechanische. Da der Dieselmotor nicht aus dem Stillstand von selbst anlaufen kann, muß man bei unmittelbarer Verbindung zwischen Dieselmotor und Triebachsen, welche zunächst als das gegebene erscheinen mag, Zug und Motor zusammen durch eine Hilfsmaschine beschleunigen. Derartige Anlagen haben sich nicht bewährt, da sie entweder zu groß und zu teuer wurden oder nicht genügend betriebssicher waren.

Als natürlichste Kraftübertragung erscheint nunmehr eine Rutschkupplung, welche beim Anfahren des Zuges, nachdem der Diesel gesondert angelassen, die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Dieselmotor und Triebachsen ausgleicht. In dieser Kupplung muß jedoch eine Leistung vernichtet werden, welche der angegebenen Geschwindigkeitsdifferenz und der Lokomotivzugkraft proportional ist (Abb. 1). Diese Leistungsvernichtung entspricht gewissermaßen dem Energieverlust in den Anfahrwiderständen elektrischer Gleichstromfahrzeuge. Bei großen Lokomotiven werden diese Kupplungen, namentlich wenn oft angefahren wird, ungewöhnlich groß und werden auch dann nicht betriebssicher sein. Auch durch Zwischenschaltung eines Zahnradvorgeleges mit veränderlichem Übersetzungsverhältnis kann eine Leistungsvernichtung beim Anfahren nur verringert, nicht ganz vermieden werden ähnlich wie durch Reihen-Parallelschaltung der Elektromotoren bei Gleichstromfahrzeugen (Abb. 2).

Die mechanische Kraftübertragung mit Zahnradvorgelege gestattet weiterhin nicht bei allen Lokomotivgeschwindigkeiten eine vollständige Ausnützung der Dieselmotorleistung. Der Dieselmotor kann unabhängig von seiner Drehzahl nahezu konstantes Drehmoment abgeben, ist aber über dieses hinaus gar nicht überlastbar. Somit steigt die von der Diesellokomotive abgegebene Leistung bei gegebenem Übersetzungsverhältnis mit der Geschwindigkeit. Da die erforderlichen Zugkräfte mit der Geschwindigkeit zunehmen, wird sich in vielen Fällen eine Lokomotivgeschwindigkeit und Dieselmotordrehzahl einstellen (Abb. 3), welche nicht der vollen Drehzahl entspricht, wobei er also nur eine Teilleistung abgibt. Eine Kraftübertragung, welche die Normalleistung des Dieselmotors, der dabei mit der normalen Drehzahl und dem normalen Drehmoment arbeitet, bei allen Lokomotivgeschwindigkeiten auszunützen gestattet,

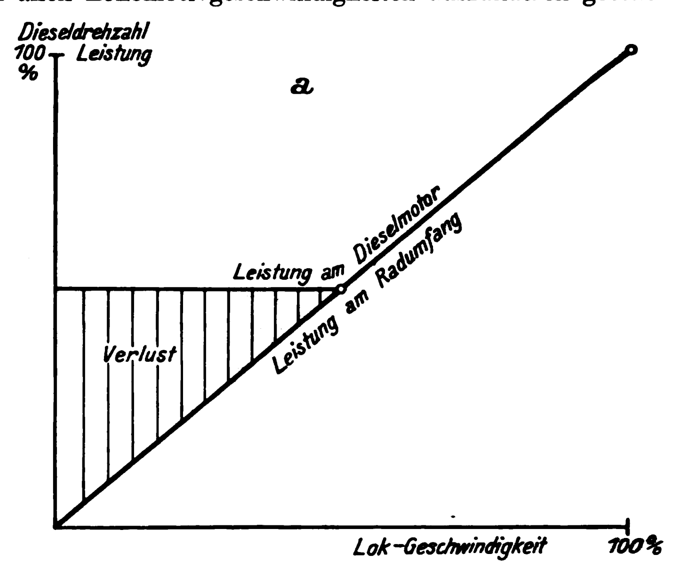


Abb. 1. Leistungsschaubild beim Anwenden einer Rutschkupplung.

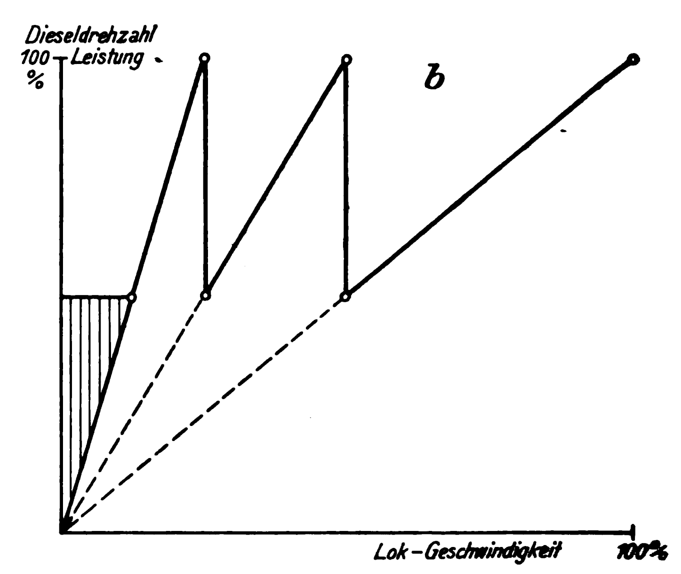


Abb. 2. Leistungsschaubild beim Anwenden eines Zahnradvorgeleges.

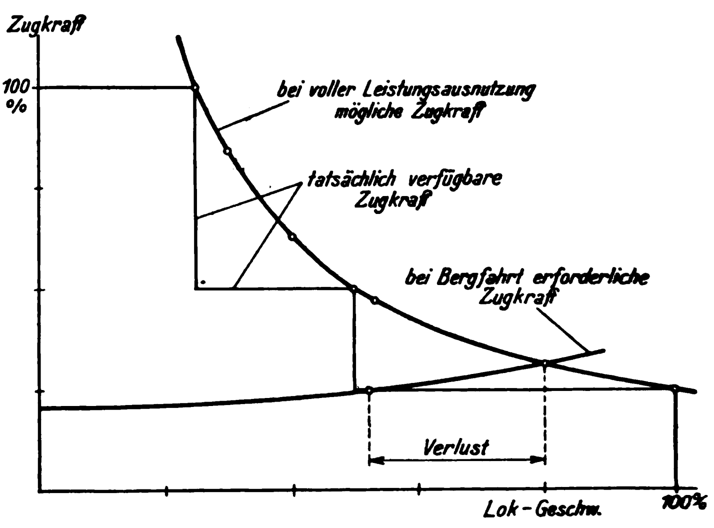


Abb. 3. Darstellung der Zugkraft in Abhängigkeit von der Lokomotivgeschwindigkeit.

wäre für den Bahnbetrieb wesentlich zweckmäßiger, weil dann vielfach mit höherer Geschwindigkeit gefahren werden könnte.



Während elektrische Lokomotiven ein vollständig gleichförmiges Drehmoment übertragen und während die Zugkraft von Dampflokomotiven in Abhängigkeit von der Kolbenstellung um etwa 20 bis 25% schwankt, ändert sich das Drehmoment eines Dieselmotors im Laufe einer Umdrehung je nach der Drehzahl unter Umständen um 100% oder mehr. Dies liegt an dem in sehr weiten Grenzen veränderlichem Kolbendruck und den Unterschieden der Kolben-Massenkräfte je nach der Umlaufzahl. Bei mechanischer Übertragung schwankt die Zugkraft der Lokomotive um gleiche Beträge, so daß also das Reibungsgewicht der dieselmechanischen Maschine zur vollen Ausnützung der Dieselmotorleistung wesentlich größer sein muß, als das Adhäsionsgewicht einer elektrischen Lokomotive gleicher Leistung oder einer dieselelektrischen Lokomotive, bei der der Generator die Ungleichförmigkeiten ausgleicht.

Beim Überschalten von einer Getriebestufe zur anderen muß zunächst die kraftschlüssige Verbindung zwischen Dieselmotor und Triebwerk über das eine Vorgelege gelöst und dann über das andere wieder eingeschaltet werden. Hierbei wird keine Leistung an die Triebräder abgegeben. Das Umschalten ist also mit einem Zugkraftausfall, der sich beim Anfahren und bei Steigungen störend bemerkbar macht, verbunden. Überdies wird das Umschalten um so länger dauern, je größer die Motorleistung ist, also sich beim schwersten Betrieb am ungünstigsten auswirken.

Aus vorstehendem folgt, daß die Kraftübertragung zwischen Dieselmotor und Triebachsen auch durch ein Vorgelege mit verschiedenen Übersetzungsverhältnissen mit Rücksicht auf die teilweise ungünstige Leistungsausnützung, den Zugkraftausfall beim Überschalten von einer Stufe zur anderen, die ungleichförmige Zugkraft und infolge der Schwierigkeiten, eine geeignete Rutschkupplung zu bauen, in sehr vielen Fällen ungeeignet ist und zwar:

1. Für Rangierbetrieb und für Güter- oder Personenzuglokomotiven, bei welchen oftmals mit schweren Anfahrten zu rechnen ist.
2. Bei Gebirgs-Schnellzuglokomotiven, wo die Zugkraftverhältnisse stark wechseln.

Aussichtsreich dagegen erscheint die mechanische Übertragung bei Flachland-Schnellzugmaschinen, wo man das Zuggewicht so bemessen kann, daß vom Dieselmotor erst bei höchster Geschwindigkeit die volle Zugkraft verlangt und er entsprechend auf längeren Strecken gut ausgenützt wird. In den anderen Fällen erscheint die mechanische Übertragung ungeeignet.

Als Ersatz kommen in Frage: einmal die elektrische Kraftübertragung, andererseits die Übertragung durch Druckluft, bei der der Dieselmotor einen Kompressor treibt und die komprimierte Luft evtl. unter Dampfzusatz, der durch Ausnützung der Dieselmotor-Abgaswärme erzeugt wird, in den Zylindern einer gewöhnlichen Dampflokomotive Arbeit leistet. Schließlich sind vielfach Flüssigkeitsgetriebe verwendet worden, z. B. hat sich das Getriebe der Maschinenbau-Gesellschaft Karlsruhe für kleine und mittlere Leistungen bis etwa 300 PS recht gut bewährt. Für große Leistungen kann jedoch vorläufig ausschließlich die elektrische Übertragung als unbedingt betriebssicher und wirtschaftlich angesehen werden.

Das Wesen der elektrischen Kraftübertragung besteht unabhängig von den verschiedenen möglichen Systemen darin, daß mit dem Dieselmotor ein Hauptgenerator gekuppelt ist, der die elektrischen Triebmotoren mit veränderlicher Spannung und Stromstärke je nach Zugkraft und Geschwindigkeit speist. Es sind zwei grundsätzlich verschiedene Steuerungsarten möglich. Bei der einen Ausführung arbeitet der Dieselmotor mit konstanter Drehzahl, bei der anderen mit veränderlicher.

Steuerungen mit konstanter Dieselmotordrehzahl, die durch einen selbstwirkenden Drehzahlregler eingestellt wird, entsprechen der bekannten Leonardschaltung. Der Hauptgenerator wird mit stufenweis steigendem Erregerstrom, der durch den Steuerhebel im Führerstand eingestellt wird, fremd erregt und gibt dementsprechend von Stufe zu Stufe eine höhere Spannung ab. Ebenso wie bei gewöhnlichen Gleichstrom-Fahrzeugen durch schrittweises Abschalten der Anlaßwiderstände erhalten hier die Elektromotoren mit steigender Hauptgeneratorerregung erhöhte Spannung, nehmen höheren Strom auf und werden beschleunigt. Da hier im Ankerkreis keine Widerstände vorhanden sind, geht die Anfahrt jedoch verlustlos vor sich. Die Steuerung ist besonders einfach und betriebssicher und wird deshalb bei Lokomotiven mittlerer Leistung vor allem verwendet.

Wenn der Dieselmotor auch bei völlig entlasteter Lokomotive stets mit der vollen Drehzahl laufen muß, nützt er sich in den Zylindern, Kolben und allen Lagerstellen stark ab. Seine Lebensdauer wird dadurch sehr verkürzt. Der Wirkungsgrad eines Dieselmotors ist bei gegebener Leistung abhängig von der Drehzahl (Abb. 4) und wird z. B. bei halber Belastung

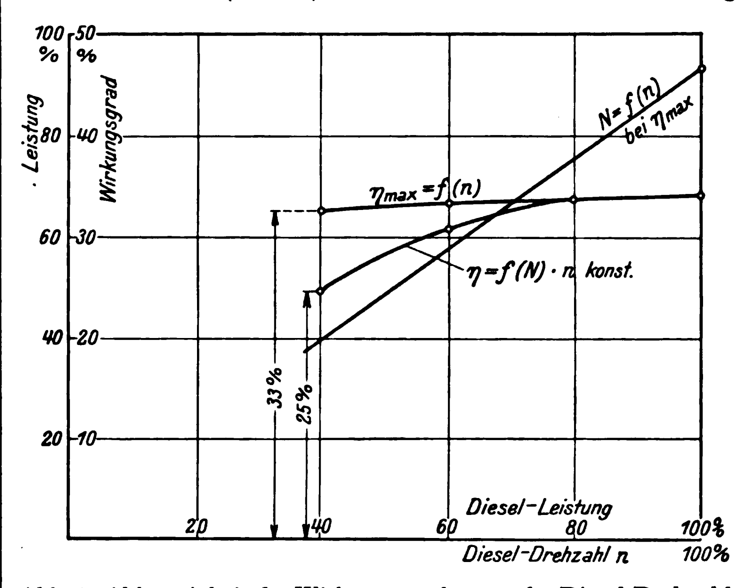


Abb. 4. Abhängigkeit des Wirkungsgrades von der Diesel-Drehzahl.

am günstigsten für halbe Drehzahl, d. h. also wenn er im allgemeinen mit großer Füllung arbeitet. Wenn es nun gelingt, bei jeder Belastung mit der Drehzahl zu fahren, die den günstigsten Dieselmotor-Wirkungsgrad ergibt, bedeutet das namentlich bei großen Lokomotiven, wo die Brennstoffkosten wesentlich sind, einen erheblichen Vorteil. Bei mittleren Lokomotiven sind die Brennstoffersparnisse im Vergleich zu den dann relativ höheren Abschreibungs- und Verzinsungskosten nicht so wesentlich. Bei Triebwagen spielt diese Frage fast überhaupt keine Rolle, denn deren Fahrpläne werden im Bahndienst so aufgestellt, daß die Triebwagen möglichst stets mit voller Leistung fahren.

Unter dem Gesichtspunkt: Schonung des Dieselmotors und günstigster Wirkungsgrad, sind die verschiedensten Steuerungen entworfen, bei denen die Lokomotiven lediglich durch Änderung der Dieselmotordrehzahl gesteuert werden. Einmal kann man dabei den Dieselmotorregler beeinflussen, so daß sich der Dieselmotor je nach Stellung des Steuerhebels auf eine konstante Drehzahl einstellt. Andererseits kann man die einzuspritzende Brennstoffmenge je Hub regulieren, so daß der Dieselmotor bei gegebener Stellung des Steuerhebels mit veränderlicher Drehzahl, aber konstanter Füllung arbeitet. Bekannt geworden ist die Steuerung von H. Lemp, welche sich in Amerika sehr gut bewährt haben soll, und in Europa die Gebus-Steuerung, welche bisher allerdings vor allem für benzinelektrische Fahrzeuge angewendet wurde und sich infolge ihrer außerordentlichen Einfachheit besonders für kleinste Fahrzeuge eignet.

Bei dieser Steuerung bleibt der elektrische Kreis, bestehend aus Hauptgenerator, Triebmotor und Fahrtwender dauernd geschlossen. Die Charakteristik des eigenerregten Hauptgenerators ist so ausgebildet, daß er sich bei der niedrigst möglichen Motordrehzahl nicht selbst erregt (Abb. 5) und mit dieser Drehzahl läuft das Aggregat im Stillstand der Lokomotive. Von dort ausgehend wird beim Anfahren der Dieselmotor durch vermehrte Brennstoffzufuhr beschleunigt, der Hauptgenerator erregt sich, gibt Spannung ab und die Motoren nehmen Strom auf. Je nach Stellung des Brennstoffhebels stellt sich eine bestimmte Dieselmotordrehzahl ein. Die Stromkurve der Abb. 5 gilt für größte Brennstoffzufuhr. Bei kleinerer ist der Strom entsprechend geringer, so daß sich eine vollkommen weiche Anfahrt ergibt.

Mit grundsätzlich ähnlichen aber verwickelteren Schaltungen kann man es bei zweckmäßiger Dimensionierung erreichen, daß fast überall mit günstigstem Wirkungsgrad gefahren wird. Dazu ist erforderlich, daß der Generator bei gegebener Drehzahl von selbst eine konstante Leistung unabhängig von dem Strom, den die Motoren in Abhängigkeit von der erforderlichen Zugkraft aufnehmen, abgibt. Dies kommt im wesentlichen auf eine sehr starke Gegenkompoundierung evtl. unterstützt durch selbsttätige Wattregler und dergl. heraus. Im Gegensatz zu den immerhin noch vorhandenen ganz geringen Leistungssprüngen bei der Leonardschaltung beim Übergang von einer Stufe zur anderen arbeiten diese Steuerungen völlig stufenlos, gleichmäßig, einfach und betriebssicher. Sie haben auch den Vorzug, daß der Führer nicht wie bei der Leonardschaltung ein Wattmeter oder einen Drehzahlmesser beobachten muß, um den Dieselmotor nicht zu überlasten, da dessen Leistung durch die Stellung des Brennstoffhebels bestimmt ist.

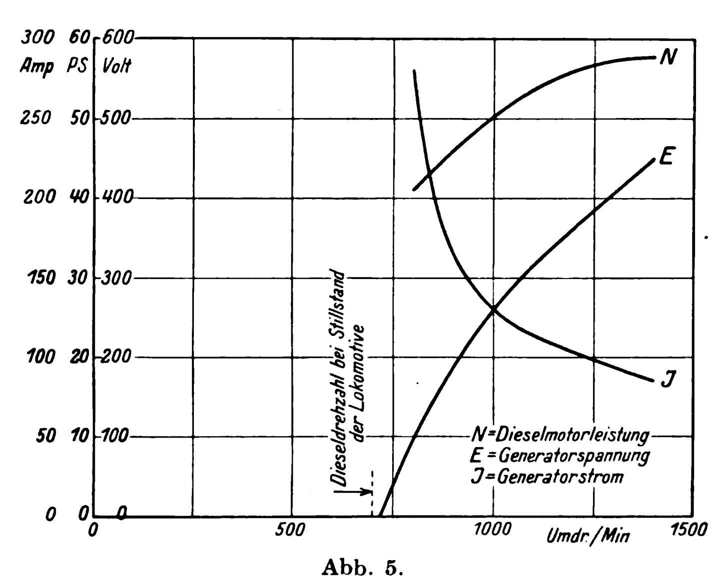


Abb. 5.
Strom- und Spannungscharakteristik bei der Gebus-Steuerung.

Nachteilig an den Steuerungen mit Drehzahlreglung ist, daß die Generatoren größer bemessen werden müssen als bei der Leonardschaltung. Um mit hoher Lokomotivgeschwindigkeit fahren zu können, ist die volle Generatorspannung erforderlich. Da bei hoher Geschwindigkeit gelegentlich aber nur eine Teilbelastung erforderlich ist, arbeitet der Dieselmotor dann mit verringerter Drehzahl. Trotzdem muß aber die volle Spannung vom Generator abgegeben werden können, um die hohe Geschwindigkeit zu erreichen und das bedingt eben eine größere Maschinentype. Kritische Drehzahlen lassen sich ferner bei Dieselaggregaten, welche nur mit einer fest bestimmten Drehzahl arbeiten, durch zweckmäßige Bemessung der Generatorwelle im normalen Arbeitsbereich unterdrücken. Arbeitet das Aggregat dagegen dauernd mit beliebigen Drehzahlen zwischen 30 und 100% der Höchstdrehzahl, dann ist die Vermeidung kritischer Schwingungen nur durch Einbau elastischer und dämpfender, also arbeitsvernichtender Kupplungen möglich. Lokomotivsteuerungen mit veränderlicher Dieselmotordrehzahl werden also durch größere Generatoren und Einbau einer Spezialkupplung wesentlich verteuert und schwer. Diese Nachteile werden jedoch durch den geringen Brennstoffverbrauch und die geringe Abnutzung des Dieselmotors in vielen Fällen ausgeglichen und es muß deshalb von Fall zu Fall gesucht werden, welche Steuerung günstigere Ergebnisse verspricht.

Auf dieselelektrischen Lokomotiven ist der Dieselmotor der teuerste Teil. Für die bekannte Lomonossoff-Lokomotive waren die anteiligen Kosten: Dieselmotor 44%, elektrische Ausrüstung 31%, mechanischer Teil 25%. Es ist also berechtigt, die elektrische Ausrüstung, selbst, wenn sie dadurch um ein geringes teurer wird, so zu bemessen, daß sie die Leistung des Dieselmotors im ganzen Geschwindigkeitsbereich ausnützt (Abb. 6).

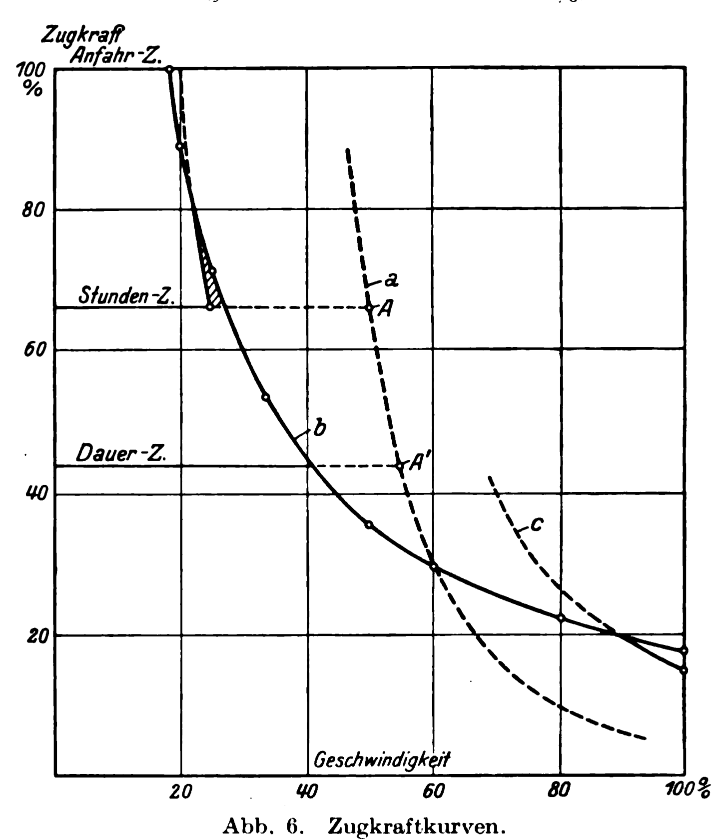


Abb. 6. Zugkraftkurven.

Durch die maximale- bzw. die Dauerzugkraft, welche von einer Lokomotive verlangt wird und durch die erforderliche Höchstgeschwindigkeit ist die verwendbare Elektromotortype fast stets eindeutig bestimmt. Bei Hauptstrommotoren ist jedoch, wenn diesen die volle Motorspannung zugeführt wird, der Zugkraftabfall — Kurve a, Abb. 6 — mit steigender Drehzahl wesentlich steiler als es der Zugkrafthyperbel b entspricht, welche durch die volle Ausnützung der Dieselmotorleistung gegeben ist. Um die volle Dieselmotorleistung auch bei höheren Geschwindigkeiten ausnutzen zu können, ist eine möglichst starke Feldschwächung der Triebmotoren erforderlich. Dadurch kann man die Zugkraftcharakteristik c erreichen. Da mit Rücksicht auf die Dieselmotorleistung die Feldschwächung nur bei verhältnismäßig niedrigen Stromstärken erfolgt, kann man diese weitertreiben als bei Oberleitungslokomotiven, wo die Motoren auch bei durch Nebenschluß geschwächtem Feld aus dem Kraftwerk eine beliebig große Leistung entnehmen

können und demnach viel eher zu Rundfeuer Anlaß geben. Die Nennleistung der Elektromotoren ist durch den Punkt A' und damit durch die verlangte Dauerzugkraft entsprechend Linie Dauer-Z und durch die Höchstspannung bestimmt, welche ihrerseits durch die Geschwindigkeit gegeben ist, bis zu welcher man die Dieselmotorleistung ausnützen will, Kurve a und c. Sie liegt stets höher als die Dieselmotorleistung.

Die Nennleistung des Generators ist einerseits bestimmt durch die Maximalspannung, welche den Motoren zugeführt werden muß und andererseits durch den Maximalstrom bei der Anfahrt, bzw. durch den Dauerstrom der Motoren. In vielen Fällen kann man hier durch Reihen-Parallelschaltung der Triebmotoren eine wesentliche Verkleinerung des Generators erreichen. Bei Reihenschaltung der Triebmotoren erreicht man die Charakteristik d, welche die Dieselmotorleistung immer noch völlig auszunutzen gestattet. Der Strom des Generators ist dann aber nur halb so groß wie der Gesamtstrom der Motoren und es kann deshalb eine kleinere Maschinentype Verwendung finden. Die Reihen-Parallelschaltung der Triebmotoren wird jedoch in manchen Fällen durch die Komplikationen im Fahrschalter und durch die größere Anzahl zu verlegender Kabel unzweckmäßig, und zwar wenn die Maschine zwei Führerstände bekommt und mittlere Leistung hat, so daß die Motorausschaltung nicht durch fern-gesteuerte Schütze, sondern im Führerstand erfolgt und die Lokomotive in sehr gedrängter Bauform ausgeführt werden muß. Die Kabelverlegung bereitet dann erhebliche Schwierigkeiten. Allgemein ergibt sich also auch beim Generator, daß dessen Leistung nicht ohne weiteres durch die Nennleistung des Dieselmotors gegeben ist, sondern sich nach Maximalzugkraft und Höchstgeschwindigkeit der Lokomotive richtet und fast stets größer wird, als die des Dieselmotors. Bei einer Rangierlokomotive ergab sich zum Beispiel:

Dieselmotorleistung	300 PS
Generatorleistung	315 ,,
Motorleistung.	430 ,,

Für den Aufbau einer Diesellokomotive ergibt sich eine fast selbstverständliche Anordnung, nämlich: Maschinenraum mit Dieselmotor, Hauptgenerator und Zubehörteilen in Lokomotivmitte, an jedem Ende ein Führerstand. Nach dieser Anordnung sind fast sämtliche bisher gebauten dieselelektrischen Lokomotiven ausgeführt. Lediglich bei kleineren Maschinen ist es möglich, den Maschinenraum so schmal zu halten, daß man an diesem seitlich vorbeisehen kann und dementsprechend mit nur einem Führerstand auskommt (Abb. 7). — An sich bietet die Ausführung mit **einem** Führerstand für die Steuerung und Einfachheit der Kabelverlegung viele Vorteile. Welche Bedeutung dieser Frage zukommt, ist daraus zu ersehen, daß eine 300 PS-Diesellokomotive mit zwei Führerständen rund 400 verschiedene Kabel aufweist.

Dieselmotor und Hauptgenerator werden auf einem gemeinsamen besonders kräftigen Stahlgußrahmen aufgebaut, damit Verwindungen, welche Heißlaufen zur Folge haben könnten, vermieden werden. Bei der starren Kupplung von Motor und Generator erhält dieser nur auf der Kollektorseite ein Lagerschild, während auf der Antriebsseite an die Ankerwelle ein kräftiger Flansch angeschmiedet ist, der starr mit einem Flansch des Dieselmotors verbunden ist, so daß sich der Anker auf dieser Seite auf das Lager des Dieselmotors stützt. Man erreicht dadurch kurze Bauform und Gewichtsersparnis. Bei der nachgiebigen Verbindung erhält der Generator zwei normale Schildlager. Die federnde Kupplung wird mit Gummipuffern ausgebildet oder mit Scheiben aus elastischem Material, an welchen die beiden Wellenenden angreifen, oder es werden Federkupplungen z. B. die bekannte Bibby-Wellmann-Kupplung mit veränderlicher Federcharakteristik verwendet. Die Hauptgeneratoren selbst sind äußerlich wie gewöhnliche stationäre Gleichstrom-Generatoren gebaut, meist mit Durchzugsbelüftung, um leichte Maschinen zu bekommen. Mit Rücksicht auf die Erschütterungen im Bahnbetrieb sind jedoch die Feldwicklungen besonders kräftig abgestützt und es wird auch mit Rücksicht auf die Möglichkeit des Eindringens von Regen oder Verbrennungsgasen in die Lokomotive auf Spezial-Isolation Wert gelegt.

Als Elektromotoren werden, abgesehen von Einzelfällen, stets **Tatzlagermotoren** verwendet, um den Raum oberhalb des Lokomotivrahmens für den Dieselmotor freizuhalten. Daraus ergibt sich der Nachteil, daß die Elektromotoren fast unzugänglich sind und nur von unten aus einer Überholungsgrube nachgesehen werden können. Je nach den Kurvenverhältnissen baut man die Motoren in Drehgestelle ein oder mit teilweise seitlich verschiebbaren Achsen in den durchgehenden Lokomotivrahmen. In elektrischer Hinsicht entsprechen die Motoren genau den üblichen Tatzlager-Lokomotivmotoren und bieten somit nichts hier besonders bemerkenswertes.

Wichtig beim Entwurf von dieselelektrischen Lokomotiven ist die Rücksichtnahme auf den Kühler für den Dieselmotor.

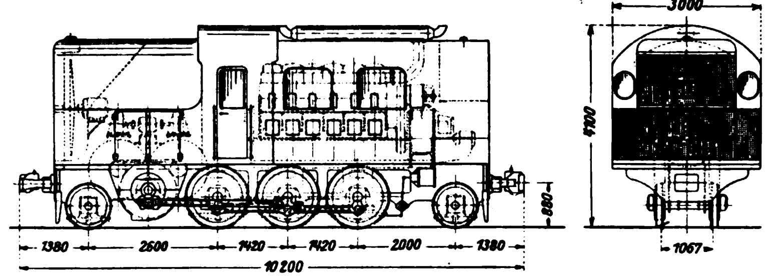


Abb. 7. Diesel-Lokomotive mit nur einem Führerstand.

Kühler an der Stirnseite der Lokomotive angeordnet genügen, außer bei kleinen Maschinen, nicht zur Abführung der gesamten Verlustwärme. Auch ist es zweckmäßig, einen größeren Teil der Stirnfläche für einen geräumigen Führerstand freizuhalten. Es kommt hinzu, daß der Vorteil der Kühlwirkung durch den Fahrwind bei Fahrt in der einen Richtung durch entsprechend schlechtere Kühlung in der anderen bedeutungslos gemacht wird. Für kleinere Lokomotiven haben sich Schlangenkühler an der Längsseite der Lokomotive (Abb. 8), für größere Lokomotiven Wabenkühler, welche symmetrisch auf beiden Seiten der Lokomotive angeordnet werden und durch einen im Dach eingebauten und die Kühlluft nach oben heraussaugenden Lüfter belüftet werden, bewährt. Dachkühler erfordern eine sehr kräftige Maschinenhauskonstruktion und behindern den Einbau des Dieselmotors in die Lokomotive. Die Bedeutung der Kühlerfrage ergibt sich aus den bekannten Schwierigkeiten mit der Lomonossoff-Lokomotive, wo im Sommer ein besonderer Kühltender, der von einem 100 PS-Dieselmotor mit Lüfter belüftet wird, angehängt ist.

Zur Speisung der Nebenbetriebe einer dieselelektrischen Lokomotive ist eine konstante Hilfsspannung erforderlich, welche von einem Hilfsgenerator erzeugt wird. Um kurze Bauformen und besonders schnellaufende, also leichte Maschinen zu erhalten, wird dieser Hilfsgenerator in sehr vielen Fällen auf den Hauptgenerator aufgebaut und von diesem über einen Riemen mit Spannrolle angetrieben (Abb. 9). Durch einen besonderen Regler wird unabhängig von der Drehzahl des Dieselmotors konstante Spannung dieses Hilfsgenerators gewährleistet. Verschiedentlich sind auch Entwürfe gemacht worden, den Hilfsgenerator direkt fliegend auf die Hauptgeneratorwelle aufzusetzen, doch wird in diesem Fall die Baulänge des Aggregates zu groß und die Hilfsmaschine, welche dann mit geringer Tourenzahl arbeitet, wird auch zu teuer.

Der Hilfsgenerator speist im allgemeinen die Erregung des Hauptgenerators, die Lokomotivbeleuchtung, die Batterie und die Hilfsmotoren z. B. zur Belüftung des Dieselmotorkühlers, zum Antrieb der Ölumlaufpumpe usw.

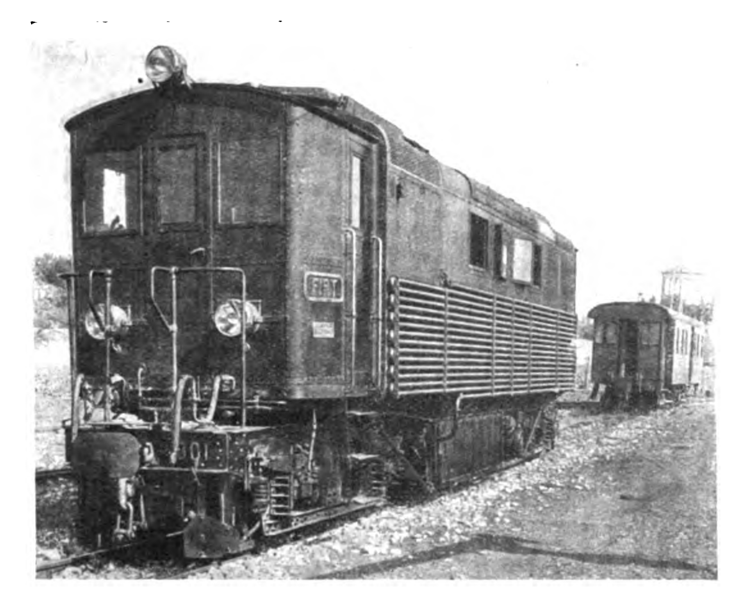


Abb. 8. Lokomotive mit Schlangenkühler an der Längsseite.

Das Anlassen des Dieselaggregates kann mit Druckluft erfolgen oder elektrisch, wobei der Hauptgenerator von einer Batterie gespeist wird und im allgemeinen als Hauptstrommotor anläuft. Bei Dieselmotoren mit Drucklufteinspritzung des Brennstoffes, wo sowieso ein größerer Vorrat von Druckluft mit einer Spannung von etwa 60 at vorhanden sein muß,

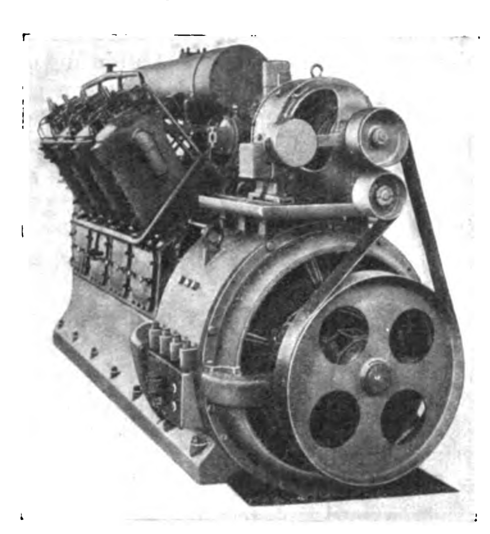


Abb. 9. Anordnung des Haupt- und Hilfsgenerators.

ist das Anlassen mit Druckluft eine Selbstverständlichkeit. Bei kompressorlosen Dieselmotoren dagegen wird man meistens das elektrische Anlassen vorziehen, weil dann keinerlei neue Maschinenteile erforderlich sind und die an sich unbedingt notwendige Batterie nur vergrößert werden muß. Zum elektrischen Anlassen verwendet man im allgemeinen Nickeleisenbatterien, weil diese bei gegebener Kapazität leichter, in der Wartung unempfindlicher und kurzschlußsicher sind. Man kann dann den stillstehenden Generator direkt über ein einziges Schütz auf die Batterie schalten und mit einer einzigen Stufe anlassen. Bei Verwendung von Bleibatterien, welche mit Gitterplattenzellen allgemein für Automobile als Starterbatterien gebraucht werden, sind immerhin zwei oder drei Anlaßstufen zur Schonung der Batterie empfehlenswert. Auch ist die Lebensdauer der Gitterplatten geringer und ihre Kapazität sinkt bei niedrigen Temperaturen. Durch diese technischen und wirtschaftlichen Mängel wird der geringere Preis der Bleibatterien gegenüber den Nickeleisenbatterien meist aufgewogen.

Die Steuerung der ganzen dieselelektrischen Lokomotive erfolgt von einem einzigen Fahrschalter aus. Abb. 10 zeigt die Ausführung für eine 300 PS-Lokomotive, die mit konstanter Dieselmotordrehzahl arbeitet. Links oben sieht man die Anlaßwalze, darunter die Schaltelemente für die Reihen-Parallelschaltung der Motoren und das Einschalten der Motoren auf den Generator. Rechts hinten sind die Kontakte zur Umkehr der Motordrehrichtung angeordnet, in der Mitte oben die Erregerwalze. Hinter der Anlaßwalze sind die Feldschwächschalter für die Triebmotoren angeordnet. Der Fahrschalter einer dieselelektrischen Lokomotive ist also, abgesehen von der Anlaßwalze, einem gewöhnlichen Fahrschalter elektrischer Lokomotiven sehr ähnlich, wenn man die Widerstandsstufen einer Oberleitungsmaschine durch die Spannungsregelstufen der Dieselmaschine ersetzt.

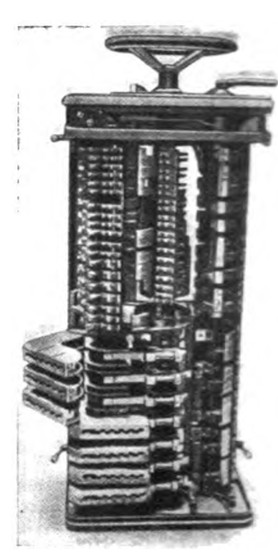


Abb. 10. Fahrschalter.

Die größte bisher gebaute dieselelektrische Lokomotive — die schon eingangs erwähnt wurde — ist für die Canadian National-Railway bestimmt. Sie besteht aus zwei Lokomotivhälften, die zusammen von einem Führerstand aus gesteuert werden, jedoch auch einzeln fahren können. Die Achsanordnung der ganzen Maschine (Abb. 11) ist 2 D 1 + 1 D 2. In jeder Maschinenhälfte ist ein zwölfzylindriger kompressorloser Dieselmotor von 1330 PS Leistung eingebaut. Die Drehzahl des Diesel kann von 800 bis auf 300 Umdr./min. durch Verstellung



Abb. 11. 2 D 1 + 1 D 2 dieselelektrische Lokomotive der Canadian National-Railway.

des Reglers herabreguliert werden, je nach der Leistung, die von der Maschine verlangt wird. Der Brennstoffverbrauch beträgt 195 g/PSh, ist also normal. Die Kraft wird in jeder Lokomotivhälfte durch einen Hauptgenerator und vier Tatzlagermotoren übertragen. Die Spannungsreglung des Hauptgenerators und damit die Steuerung erfolgt durch Änderung der Drehzahl des Dieselmotors. Die Abgase der Dieselmotoren dienen zur Beheizung eines Dampfkessels, der den anhängenden Personenzug beheizen soll, wodurch eine weitere Verbesserung im Brennstoffverbrauch gegenüber Dampflokomotiven erreicht wird. Ein mit Öl geheizter, selbsttätig regulierter Zusatzdampfkessel sorgt für Einhaltung einer konstanten Heizdampfspannung. Die Wasserkühler sind auf dem Dach untergebracht

und sind zusätzlich durch einen Lüfter gekühlt. Dessen Drehzahl wird ebenfalls selbsttätig je nach der Kühlwassertemperatur eingestellt. Die Doppellokomotive hat ein Gesamtgewicht von 295 t, und ein Reibungsgewicht von 218 t. Die Anfahrzugkraft beträgt 45 t, die Dauerzugkraft 18 t. Um die maximale Anfahrzugkraft von 45 t unbedingt sicher zu erreichen, wäre ein Gesamtgewicht von 180 t erforderlich, so daß also diese Dieselmaschine um rund 40% zu schwer ist. Die Leistung von 2660 PS an der Dieselmotorwelle entspricht rund gerechnet einer Leistung von 2200 PS am Radumfang. Eine rein elektrische Güterzuglokomotive mit gleicher Nennleistung der elektrischen Ausrüstung — die C-C-Lokomotive — wiegt nur 120 t. Allerdings ist ihre Maximalzugkraft entsprechend niedriger, jedoch die Geschwindigkeit höher. Immerhin erkennt man auch hieraus das außerordentliche Gewicht der dieselelektrischen Lokomotive.

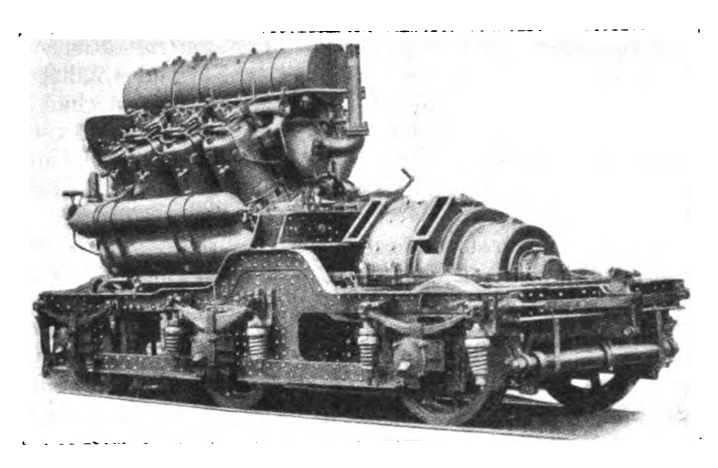


Abb. 12.
Anordnung des Dieselmotor bei einem Triebwagen.

Die elektrische Einrichtung und der Dieselmotor eines Triebwagens sind genau die gleichen wie bei einer Lokomotive. Im allgemeinen haben dieselelektrische Triebwagen zwei zweiachsige Drehgestelle. In dem einen Drehgestell sind zwei Elektromotoren in der üblichen Triebwagenanordnung eingebaut, über dem anderen Drehgestell ist der Dieselmotor angeordnet. Es ist empfehlenswert, den Dieselmotor — wie Abb. 12 zeigt — unmittelbar auf das Drehgestell aufzubauen, damit die Erschütterungen nicht auf den Wagenrahmen übertragen werden. Diese Bauform läßt sich jedoch nur bei kleineren Maschinen bis etwa 250 PS ausführen. Bei größeren Leistungen muß das Dieselaggregat in einem besonderen Raum im Triebwagen untergebracht werden. Es wird dort auf einem Rahmen, der gegen den Hauptrahmen abgefedert ist, aufgestellt und gegen den Personenraum durch eine doppelte Wand getrennt. Auf diese Weise werden die Fahrgäste durch Geräusche und Geruch nicht im geringsten belästigt. Solche Triebwagen sind bis jetzt für Leistungen bis 500 PS ausgeführt worden. Abb. 13 zeigt den Führerstand eines 250 PS-Wagens, der sich wie alle Führerstände rein elektrisch gesteuerter Fahrzeuge durch größte Übersichtlichkeit und Bequemlichkeit für den Führer auszeichnet.

Für die Wirtschaftlichkeit des Betriebes von Dieselfahrzeugen sind die Verluste der Kraftübertragung wesentlich. Der Dieselmotor selbst hat einen Wirkungsgrad, der je nach Belastung und Drehzahl zwischen 25 und 35% liegt. Der mittlere Wirkungsgrad einer elektrischen Übertragung kann zu etwa 83% angesetzt werden, da der Generator-Wirkungsgrad etwa 93% beträgt, der des Motors 92% und der des Zahnradvorgeleges 97%. Trotz dieser verhältnismäßig hohen Verluste ist die elektrische Übertragung immer noch sehr günstig im Vergleich zu anderen Getrieben. Lokomotiven mit mechanischer Kraftübertragung benötigen durchwegs ein Kegelräderpaar von etwa 94% Wirkungsgrad, da der Diesel mit seiner Welle in der Längsrichtung des Fahrzeuges steht. Weiter sind mindestens ein, meistens zwei Zahnradvorgelege, Wirkungsgrad je 97% erforderlich, um die notwendige Überhöhung der Dieselmotorwelle über den Triebachsen zu erreichen und um die Drehzahlen entsprechend umsetzen zu können. Setzt man die Verluste in den weiterhin erforderlichen Kuppelstangen mit 3% ein, so ergibt sich ein mittlerer Wirkungsgrad von 85,5%. Aus Abb. 14 folgt, daß tatsächlich der mittlere Wirkungsgrad der elektrischen und mechanischen Übertragung für die russischen 1200 PS-Diesellokomotiven gleich ist. Versuche mit mechanischen Getrieben von Schneider-Winterthur ergaben Getriebewirkungsgrade von 70 bis 93%, so daß obige Ergebnisse richtig erscheinen. Einen verhältnismäßig günstigen Wirkungsgrad erwartet man von den Druckluftgetrieben, bei

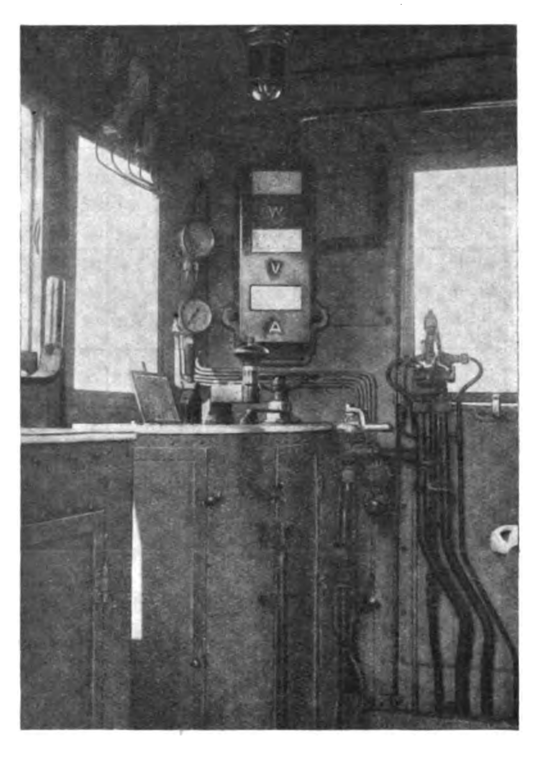


Abb. 13.
Führerstand eines 250 PS-Triebwagens.

denen die Wärme der Dieselmotorabgase zur Überhitzung des Triebmittels dient und so die im Brennstoff enthaltene Wärme zu einem weiteren Teil ausgenützt wird. Bis jetzt sind noch keine Betriebsergebnisse veröffentlicht worden, man rechnet jedoch mit etwa 27% Gesamtwirkungsgrad, also etwas günstiger als in nebenstehendem Diagramm gezeigt. Alle anderen Übertragungen hatten — soweit Veröffentlichungen vorliegen — einen ungünstigeren Wirkungsgrad.

Bei ganz kleinen Leistungen ist zweifellos die mechanische Kraftübertragung zweckmäßiger als die elektrische, einmal, weil sich die Zugkraftschwankungen der mechanischen Übertragung nicht so störend bemerkbar machen und andererseits, weil aus dem Automobilgetriebe entwickelte betriebssichere Vorgelege zur Verfügung stehen, die auch wesentlich leichter und billiger als eine gleichwertige elektrische Übertragung sind. Die Grenze scheint heute bei etwa 300 PS zu liegen. Während man auch vereinzelt größere Lokomotiven noch mit mechanischer Übertragung ausgerüstet hat, wird man in Zukunft Triebwagen dieser Leistung stets mit elektrischer Übertragung ausrüsten, weil bei diesen die Führerstände unter Umständen im Steuerwagen, also weit vom Getriebe entfernt liegen und dann die Übertragung Schwierigkeiten macht.

Die Wirtschaftlichkeit dieselelektrischer Lokomotiven wird durch die außergewöhnlich hohen Anschaffungskosten stark beeinträchtigt. Eine Güterzuglokomotive von etwa 300 PS Leistung kostet rund gerechnet *R.M.* 175000.—. Eine gleichwertige Dampflokomotive würde schätzungsweise ein Drittel kosten. Die Lebensdauer einer Diesellokomotive kann unter keinen Umständen höher angesetzt werden, als die einer Dampflokomotive, so daß also die jährlichen Ausgaben für Abschreibung und Verzinsung einer Diesellokomotive ganz außerordentlich groß sein werden. Über die Reparaturkosten dieselelektrischer Fahrzeuge lassen sich noch keine Angaben machen, da die Dieselfahrzeuge alle noch verhältnismäßig neuen Datums sind, wo einerseits die normale Abnützung sich

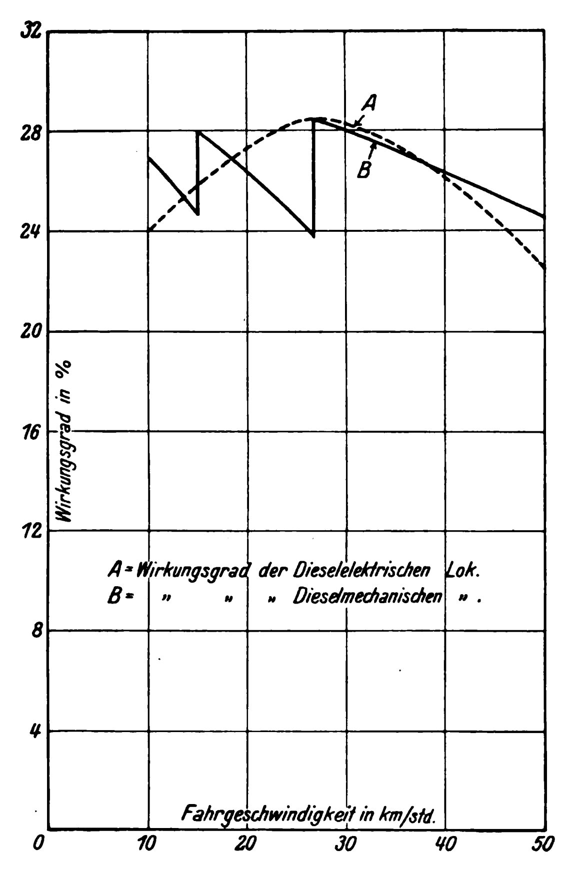


Abb. 14. Wirkungsgradvergleich von dieselelektrischen und dieselmechanischen Lokomotiven.

noch nicht bemerkbar macht, aber andererseits noch immer wieder mit Bestimmungsfehlern gerechnet werden muß, welche nach längerem ordnungsgemäßen Betrieb doch vermieden werden können. Als sicher kann man jedoch annehmen, daß die Ausbesserungskosten der vielteiligen Dieselmaschine nicht niedriger sein werden, als die einer Dampflokomotive.

Der mittlere Wirkungsgrad einer Dampflokomotive kann zu rund 7% angenommen werden, der mittlere Wirkungsgrad einer Diesellokomotive zum 3,5fachen = 25%. Lokomotivkohlen von 7000 Wärmeeinheiten kosten in Mitteldeutschland frei Bekohlungsstation rund *R.M.* 27.—, Rohöl von rund 10000 Wärmeeinheiten *R.M.* 140.— für die Tonne. Auf Grund dieser Zahlen sind die Brennstoffkosten einer Dampflokomotive praktisch gleich denen einer Diesellokomotive. Daraus folgt, daß in Deutschland eine wirtschaftliche Überlegenheit oder auch nur Gleichberechtigung für die Diesellokomotive, gleichgültig mit welcher Kraftübertragung es auch sei, unter keinen Umständen gefolgert werden kann. Die Verwendung von Diesellokomotiven läßt sich also nur durch die besonderen technischen Vorteile, welche diese Maschinenart bietet, begründen.

Als wirtschaftliche Vorteile dieselelektrischer Fahrzeuge gegenüber Dampfmaschinen sind folgende anzuführen. Es fallen die Anheizverluste ebenso die Stillstands- und Ausschlackverluste von Dampflokomotiven fort, welche je nach dem Verhältnis von Fahrdauer zur Benutzungsdauer unter Feuer erhebliche Beträge erreichen können. Die Diesellokomotive ist weiterhin stets betriebsbereit, die Zeiten, welche bei Dampflokomotiven zum Wasserholen, Kohlenfassen und Ausschlacken erforderlich sind, kommen in Wegfall. Da Dieselmaschinen weiterhin in beiden Richtungen normal fahren können, sind Drehscheiben nicht erforderlich und die Schwierigkeiten, die auf größeren Bahnhöfen mit Rücksicht auf das Kreuzen von vielen Gleisen bei der Zu- und Abfahrt zur Drehscheibe auftreten, fallen fort. Insbesondere wirtschaftlich sind aber auch kleine Zugeinheiten, wo im Dampfdienst eine normale Lokomotive Verwendung findet, die durch einen Dieseltriebwagen, evtl. mit einem Anhänger ersetzt werden kann.

Wesentlich günstiger liegen weiterhin die Verhältnisse in Ländern mit niedrigen Rohölpreisen oder sehr hohen Kohlenpreisen. So sind in Amerika, auf den kanadischen Bahnen, seit längerer Zeit zahlreiche dieselelektrische Triebwagen im Dienst. Dabei ersetzen z. B. auf einer bestimmten Strecke zwei 185 PS-dieselelektrische Triebwagen vier Dampflokomotiven. Die reinen Betriebskosten betrugen dabei im Dieselbetrieb 0,61 *M*/Zugkm, im Dampfbetrieb über das Vierfache. Wenn durch niedere Brennstoffkosten, Wegfall der Stillstandsverluste und hohe Ausnutzung des Fahrzeuges, somit die reinen Betriebskosten ganz wesentlich unter die des Dampfbetriebes gedrückt werden können, lassen sich mit den gemachten Ersparnissen die hohen Anschaffungskosten des Dieselfahrzeuges tilgen und verzinsen. Somit ergibt sich in Spezialfällen doch wieder eine Wirtschaftlichkeit dieses Dienstes.

Zusammenfassend kann man also sagen, daß dieselelektrische Fahrzeuge in folgenden Fällen wirtschaftlich sein können:

1. Triebwagenverkehr auf Nebenbahnstrecken in elektrisch betriebenen Bahnnetzen, wo sich die Elektrisierung von Nebenstrecken mit Rücksicht auf die hohen Fahrleitungskosten und geringen Verkehr nicht lohnt.
2. Durchgangsstrecken von Dampflinien durch große Städte mit mehreren Bahnhöfen, wo Rauchfreiheit wesentlich ist.
3. Güterbahnhöfe mit Rücksicht auf die unter Umständen sehr großen Stillstandszeiten der Dampflokomotiven unter Feuer.
4. Wasserlose Strecken, wo Dampflokomotiven gänzlich unverwendbar sind.
5. Bahnnetze in Gegenden, wo mit besonders niedrigen Gasöl-Kosten zu rechnen ist.

Für Deutschland kommen voraussichtlich Punkt 1 und 2. Triebwagenverkehr auf Nebenstrecken und Lokomotivverkehr auf längeren Stadtbahnstrecken in Frage.

Sicherungen an den Türschlössern Bauart Kiekert für die Personenwagen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Hierzu Tafel 36.

Bei den Türschlössern der Bauart Kiekert (s. auch „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens" Heft 10 vom 15. Mai 1929, Seite 175 „Verbesserungen an den Türschlössern der Wagen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft") wird beim Schließen der Tür die Falle 1 (s. Taf. 36) und der Nußflügel A der Drückernuß 2 zurückgedrückt und dadurch der Nußflügel B von der Sperrklinke 3 abgehoben (Abb. 2, Taf. 36). Die Sperrklinke 3 wird dann durch den Anstoß an eine am Schließblech vorstehende Nase soweit gedreht, daß die Sperre des Nußflügels B der Drückernuß 2 aufgehoben wird. Durch die Spannung der Drückerfeder 4 kann sich nun die Drückernuß 2 drehen und durch den Nußflügel A die Falle 1 absperen (s. Abb. 3, Taf. 36).

Im Betrieb hat sich gezeigt, daß die gleichzeitige Überwindung der Spannkraft der Fallenfeder 5 und der Drückerfeder 4 und insbesondere bei nicht sorgfältig unterhaltenen Schlössern auch die Überwindung der Reibung der Falle und der übrigen zu bewegenden Teile des Schlosses in vielen Fällen nur durch kräftiges Zuschlagen der Türen erreicht werden kann.

Es liegt somit die Gefahr nahe, daß beim langsamen Schließen der Tür die Falle 1 nicht richtig einschnappt und die Tür während der Fahrt aufgeht. Derartige Fälle sind schon häufig vorgekommen.

Die Firma Kiekert hat auf Veranlassung des Reichsbahn-Zentralamtes Berlin bei neuen Wagen das Schließblech, das bisher nur eine einfache Rast (s. Abb. 7, Taf. 36) hatte, durch ein solches mit doppelter Rast (s. Abb. 8) ersetzt. Durch die doppelte Rast soll die Gefahr des Aufgehens unvollkommen geschlossener Türen beseitigt werden, da der Fallenriegel 1 zum Eingriff in die erste Stufe der Doppelrast nur den geringen Druck der Fallenfeder 5 zu überwinden hat. Sollte alsdann die der Tür beim Zuwerfen verliehene lebendige Kraft nicht hinreichen, den Widerstand der zweiten Stufe der Doppelrast zu überwinden, so würde die Tür wieder in die erste Stufe zurückfallen und damit gegen das Aufgehen gesichert sein.

Schlosser Fischer V des Reichsbahnausbesserungswerkes Neuaubing hat zwei Sicherungen gegen das Aufgehen unvollkommen geschlossener Türen erfunden, deren Wirkungsweise in Zusammenhang mit dem Kiekert-Schloß für den Vorschlag I Fischer aus den Abbildungen 1 bis 5 und für den Vorschlag II Fischer aus den Abb. 9 bis 13 der Taf. 36 zu ersehen ist.

Die Anordnung der Sicherheitsvorrichtungen und die Abänderung der Schließbleche ist in den Bildern in dicken Linien gezeichnet.

Während Kiekert das Aufgehen der Türen durch eine Doppelrast zu verhindern sucht, sieht Fischer bei seinen beiden Vorschlägen eine am unteren Teil des Kiekert-Schlosses anzubringende Sicherheitsfalle vor.

Bei dem Vorschlag I springt eine leicht gefederte Sicherheitsfalle 6 vor der endgültigen Sperrung der Schloßfalle 1 durch die Drückernuß 2 in eine Aussparung 7 des nach Abb. 5 abgeänderten Schießbleches ein.

Soferne somit das Schloß nicht vollkommen geschlossen sein sollte, würde das Aufgehen der Tür durch die Stellung III der Sicherheitsfalle 6 (s. Abb. 6) verhindert werden. Beim Öffnen der Tür wird die Sicherheitsfalle 6 durch den Dorn der Drückerfeder 4 gehoben und kann über die Nase der Aussparung 7 des Schießbleches geführt werden (s. Abb. 4 und Stellung V der Abb. 6). Die übrigen Stellungen der Sicherheitsfalle 6 sind ebenfalls aus Abb. 6 zu ersehen.

Der Vorschlag II Fischer baut sich auf demselben Grundgedanken wie der Vorschlag I Fischer auf. Ein Unterschied besteht nur darin, daß der Sicherheitsriegel 8 in wagrechter Richtung bewegt wird. Dieser Sicherheitsriegel schnappt beim Schließen der Tür in die Aussparung 7 des nach Abb. 13 abgeänderten Schließbleches ein, bevor das Schloß die Stellung bei völlig geschlossener Tür nach Abb. 11 erreicht hat und sichert dadurch die Tür vor dem Aufgehen. Beim Öffnen der Tür wird der Sicherheitsriegel 8 durch den Dorn der Drückerfeder 4 und durch den Hebel 9 gleichzeitig mit der Schloßfalle 1 zurückgezogen (s. Abb. 12).

Die Sicherheitsvorrichtung nach Vorschlag I Fischer ist baulich einfacher, leichter anzubringen und billiger herzustellen als Vorschlag II Fischer. Vorschlag I ist auch insofern günstiger, als durch die senkrechte Bewegung der Sicherheitsfalle 6 beim Schließen der Tür weniger Widerstände zu überwinden sind, als bei der wagrechten Bewegung des Sicherheitsriegels 8 nach Vorschlag II.

Die Sicherheitsvorrichtung nach Vorschlag I Fischer wird neben der Doppelrast von Kiekert z. Z. im Betrieb der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft erprobt, die auch durch Ankauf der Erfindung des Schlossers Fischer das Verfügungsrecht über die beiden Sicherheitsvorrichtungen erworben hat.

Schl—r.

Achtzehnachsiger Schwerlastwagen zur Beförderung von Großtransformatoren.

Allgemeines: Der bedeutende Ausbau ihrer Betriebsanlagen hat den Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerken (R.W.E.) in Essen Veranlassung gegeben, die Leistungsfähigkeit der neu aufzustellenden Maschinen und Apparate gegenüber den vorhandenen Einheiten wesentlich zu steigern. Die benötigten Transformatoren von 60000 kVA haben derartig große Abmessungen und Gewichte, daß für ihren Transport besondere Eisenbahnwagen (Abb. 4) gebaut werden mußten. Hierfür kamen nur Schnabelwagen in Betracht, die es ermöglichen, mit dem Ladegut tunlichst nahe an die Schienenoberkante heranzukommen und so die bahnamtlich als Ladequerschnitt zur Verfügung stehende Fläche weitestgehend auszunützen. Dies wird dadurch erreicht, daß an das die Last tragende Mittelstück als „Schnäbel" bezeichnete Ausleger gelenkig angeschlossen werden, welche die Belastung auf die Drehgestelle übertragen. Die R.W.E. besitzen zwar schon seit längerer Zeit derartige Sonderwagen, geliefert von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G. (M.A.N.) im Jahre 1922, ihre Tragfähigkeit reichte indes für die neue Transformatorengröße nicht aus, so daß der Bau größerer Wagen erforderlich wurde, deren Lieferung gleichfalls durch die M.A.N. erfolgte.

Bauart: Die Hauptabmessungen der neuen Schnabelwagen sind aus Abb. 1 bis 3 ersichtlich. Das Mittelstück (Abb. 5) dient nicht nur als Tragkorb für den zu befördernden Transformator, sondern es ist ein von ihm untrennbarer Bestandteil, der einerseits den auf die Wandungen treffenden Öldruck aufnimmt, andererseits aber auch dem Transformator die nötige Steifigkeit bei etwaigem Ortswechsel verleiht. Der Transformator mit dem ihn umschließenden Ölbehälter wird in das Mittelstück eingesetzt und mit dessen Fachwerk in entsprechenden Abständen verschweißt. An Ort ruht jeder Transformator auf zwei um Mittelzapfen drehbaren Fahrgestellen, so daß er gegebenenfalls in Längs- oder Querrichtung verfahren werden kann.

Die Stäbe der Tragwände des Mittelstücks (Abb. 5) und

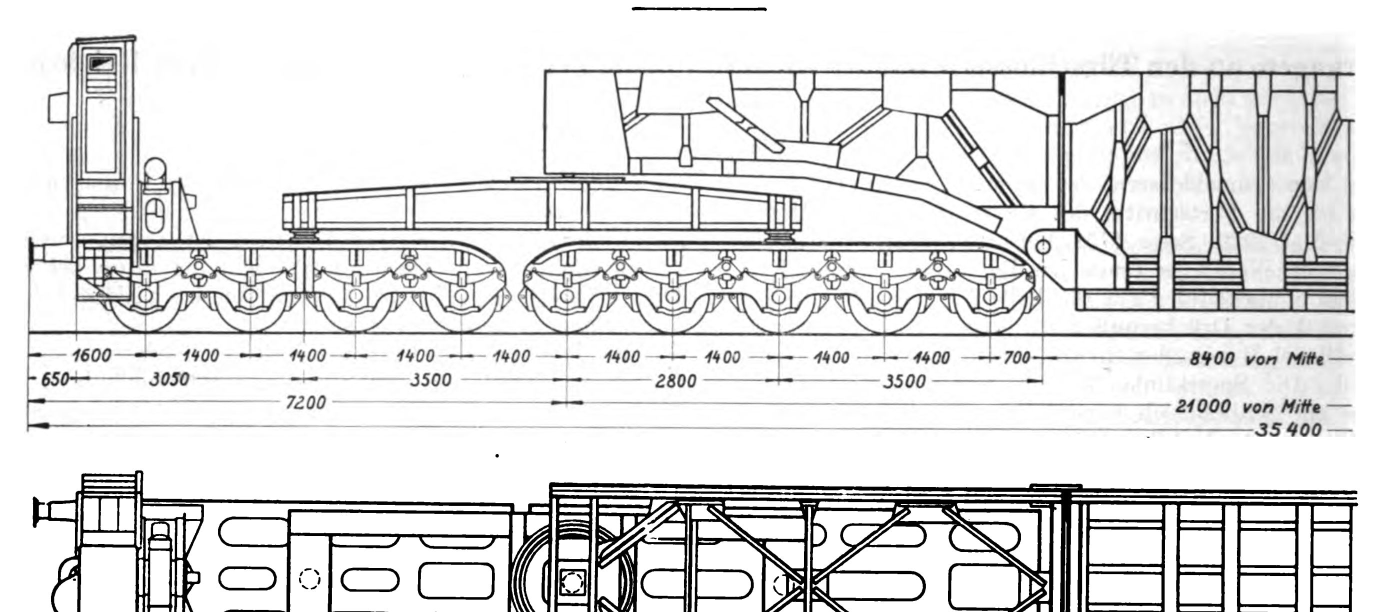


Abb. 1. Schematische Darstellung des achtzehnachsigen M.A.N.-Transformatorenwagens

seines Bodenrahmens bestehen aus Si-Stahl, die Querwände und alle sonstigen, weniger beanspruchten Teile aus St. 37. Aus den gleichen Baustoffen sind auch die Schnäbel gefertigt. Das eigentliche Mittelstück hat 7,5 m lichte Länge und 2,23 m lichte Breite. Die Längsentfernung zwischen seinen Gelenkpunkten beträgt 8,3 m, die Kraglänge der Schnäbel je 6,35 m, so daß sich eine Gesamtstützweite der Tragbrücke von 21 m ergibt.

Die Verbindung der Tragbrücke mit den Drehgestellgruppen erfolgt durch besondere Verteilungsbrücken (Abb. 6) mit gegen Biegung gesicherten Drehzapfen, die in mächtigen, den aufzunehmenden außergewöhnlichen Lasten entsprechenden Stahlgußkugelpfannen ruhen. Als Hilfslagerung dienen Rollen, für die, um das Durchschwenken der neunachsigen Drehgestellgruppen auf Drehscheiben (Abb. 8) zu ermöglichen, besondere Laufkränze vorgesehen sind. Im allgemeinen tragen die Rollen jedoch nicht. Die Verteilungsbrücken haben vollwandige Hauptträger aus Si-Stahl. Ihre Lagerung und Verbindung mit je einem fünf- und einem vierachsigen Drehgestell entspricht derjenigen der Tragbrücke mit den Verteilungsbrücken, natürlich in weniger kräftigen Ausmaßen. Die Tragrollen sind hier durch einfache Gleitstücke ersetzt. Die Verteilungsbrücken können Bewegungen der Drehgestelle in Bogengleisen bis zu 100 m Halbmesser folgen. Eine der Brücken führt einen Gerätekasten mit, der hydraulische Winden, sowie das nötigste Werkzeug enthält, um während der Fahrt aufkommende Mängel kleineren Umfangs sofort beheben zu können.

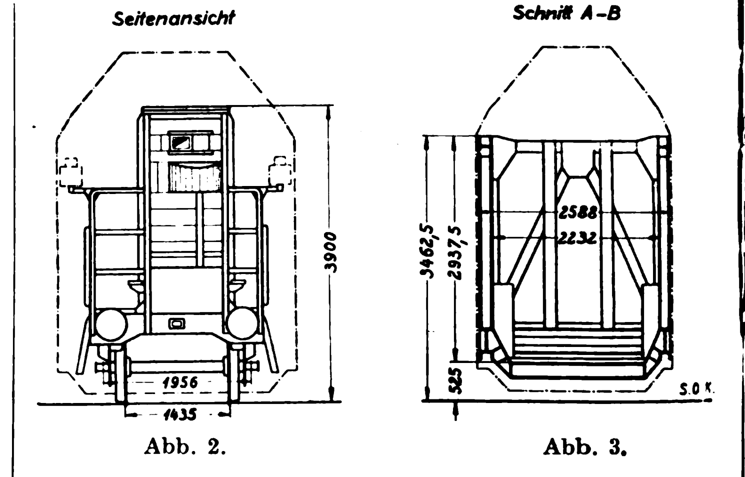


Abb. 2. Abb. 3.

Die Drehgestelle (Abb. 6) ruhen — den „technischen Vereinbarungen" gemäß — auf längs- und querverschiebbaren Lenkachsen. Diese und ihre Lager entsprechen den von der Deutschen Reichsbahn für vierachsige Güterwagen vorgeschriebenen Ausführungen (Laufkreisdurchmesser 940 mm, armierte Rotgußlagerschalen usw.). Die Tragfedern sind paarweise durch Ausgleichhebel verbunden. Achsabstände (1,4 m) und Wagenlänge von Puffer zu Puffer (35,4 m) sind so gewählt, daß der Wagen auf allen für den Verkehr neuzeitlicher Lokomotiven umgebauten Strecken fahren kann. Jede Drehgestellgruppe hat eigene Bremseinrichtung mit Zubehör, wie sie für Großgüterwagen gebräuchlich ist (Bauart Kunze-Knorr, Zylinder G, mit zwei Bremsklötzen je Rad). Die Gestängeanordnung ermöglicht vollkommenen Druckausgleich. Beide Bremsgruppen sind durch eine fliegende

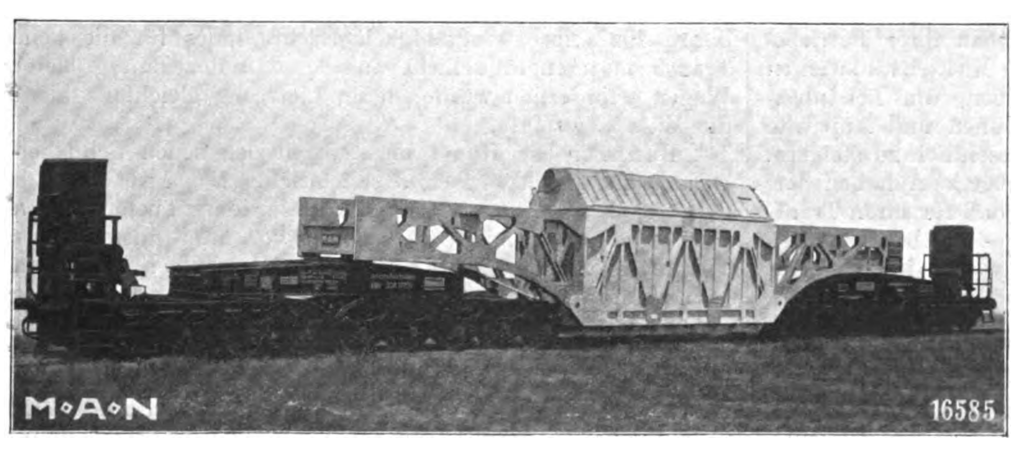
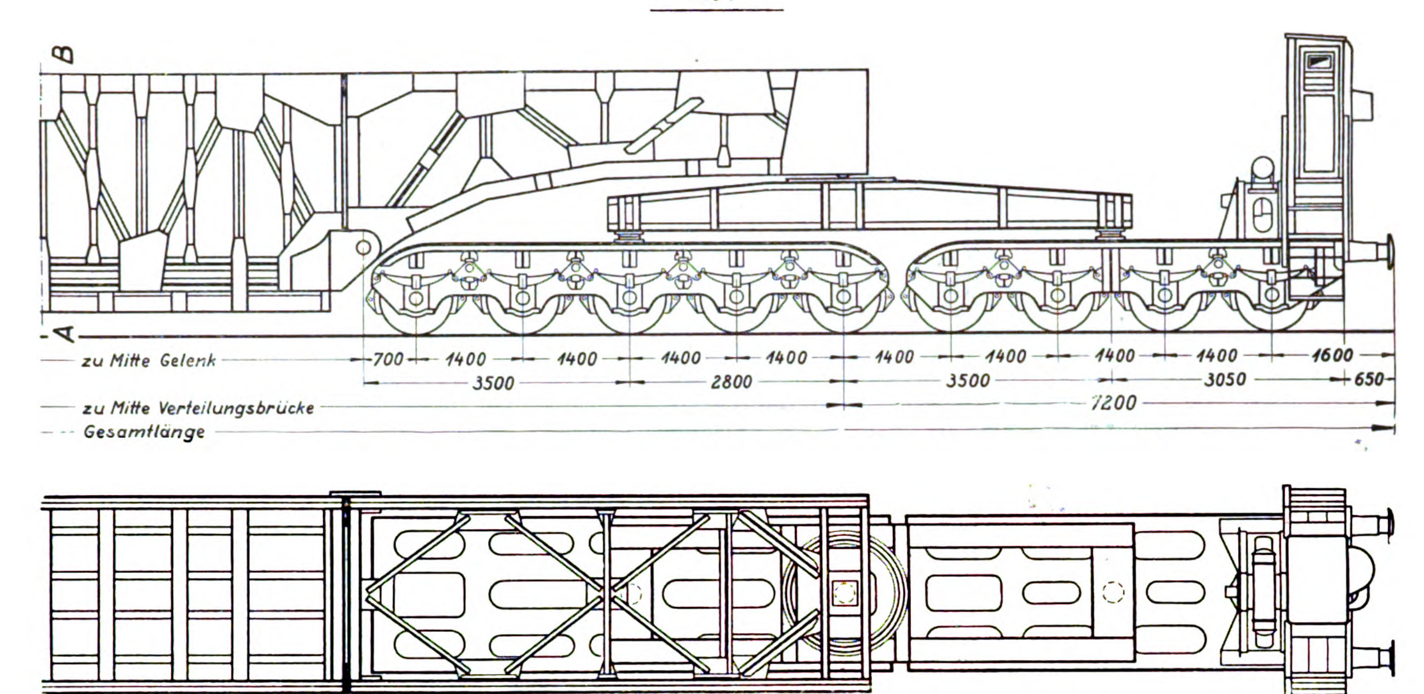


Abb. 4. Ansicht des Schwerlastwagens mit eingebautem Transformator.

Länge über die Puffer	35,4 m,	Länge der Tragbrücke	21,0 m,
Achsstand	1,4 m,	Spurweite	1,435 m,



für die Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke A.-G. (RWE) Essen. Gesamtlieferung 2 Stck.

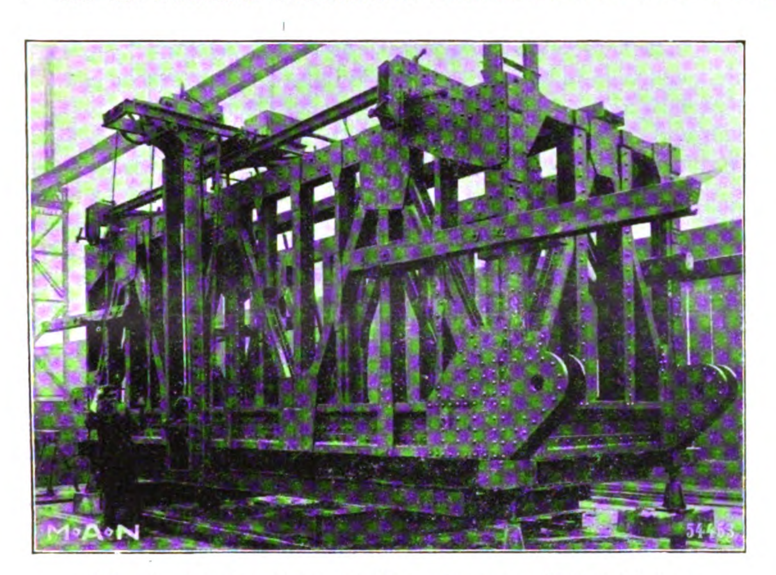


Abb. 5. Montagebild des Transformator-Mittelstückes.

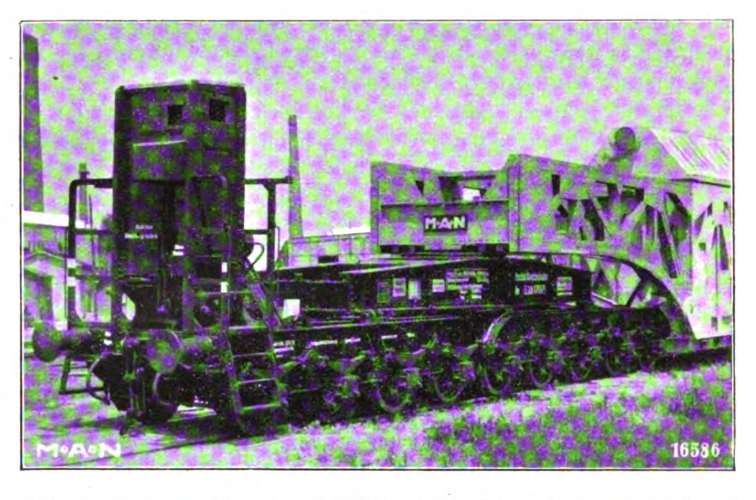


Abb. 6. Drehgestellgruppe des Transformatorenwagens, bestehend aus einer Verteilungsbrücke und je einem vier- und fünfachsigen Drehgestell.

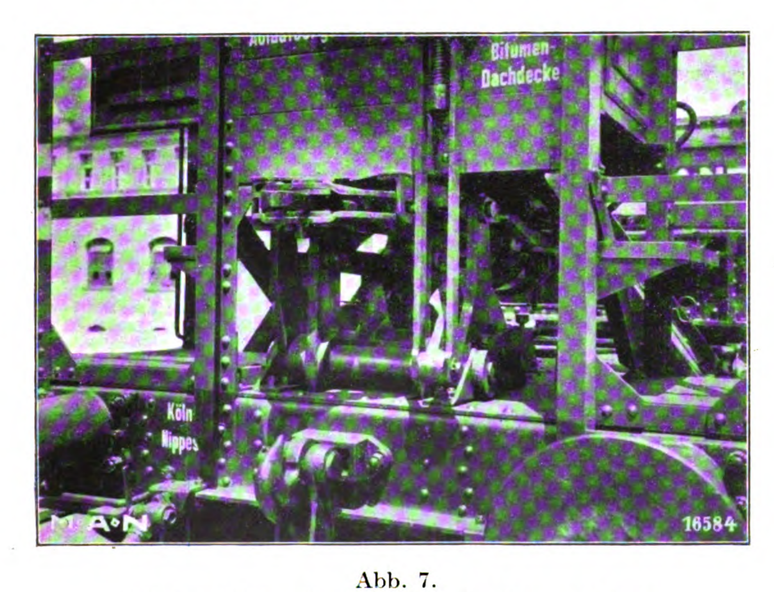


Abb. 7.
Kopfwand des Drehgestells mit Bremsgestänge.

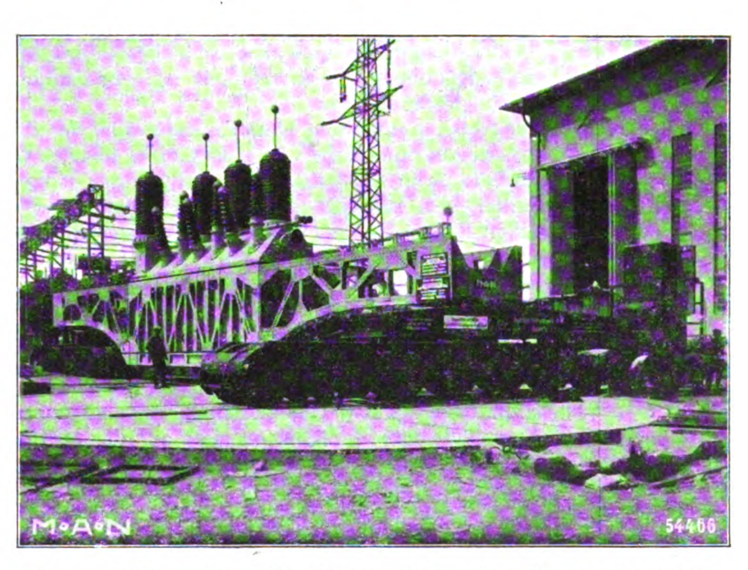


Abb. 8. Umstellung der Fahrtrichtung des Wagens in andere Fahrtrichtung (eine Drehgestellgruppe auf der Drehscheibe).

Leitung miteinander verbunden und arbeiten zusammen. Die Leitung verläuft unterhalb des Mittelstückes; ihr Anschluß an die festen Leitungen der fünfachsigen Drehgestelle wird durch lösbare Kupplungen normaler Bauart bewerkstelligt. Zwischen den beiden Drehgestellen ist die Leitung für gewöhnlich untrennbar und mit Entwässerungsvorrichtung ausgestattet. Außerdem ist eine Notbremseinrichtung vorgesehen, die von jedem Bremserhaus aus bedient werden kann. Die Handbremsen (Abb. 7) wirken nur auf die jeweils zugehörige Drehgestellgruppe. Für leichte Auswechselbarkeit der Bremsklötze, Lösbarkeit der Bremszylinderdeckel und Zugänglichkeit zu den wichtigsten Ventilen ist Sorge getragen. Die Wagen haben verstärkte Kupplungen und hinter den Kopfstücken der vierachsigen Drehgestelle gelagerte Zugvorrichtungen mit zwei Federn für zusammen 40000 kg Zugkraft, sowie normale Hülsenpuffer.

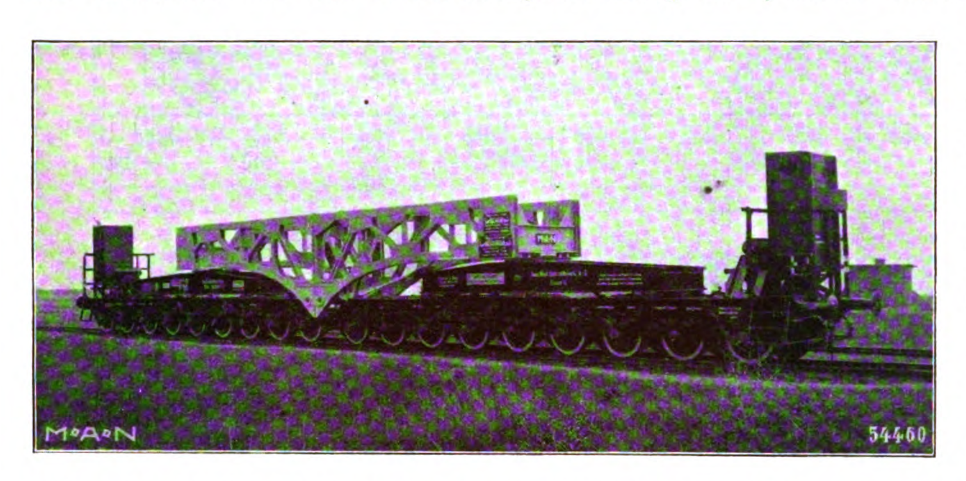


Abb. 9. Der fahrbereite Wagen ohne Transformator-Zwischenstück mit gekuppelten Schnäbeln.

Betrieb: Für die Bahnfahrt wird das Transformator-Mittelstück zunächt zwischen die beiden, die Schnäbel tragenden Drehgestellgruppen gebracht und durch die mitgeführten hydraulischen Winden so weit gehoben, daß die eingangs erwähnten Fahrgestelle gelöst und ausgefahren werden können. Das Mittelstück wird dann zum Kuppeln mit den Schnäbeln entsprechend gesenkt. Bei weiterem Nachlassen der Winden werden am Obergurt einfache Verzahnungen geschlossen, welche die drei Teile der Tragbrücke gegen seitliches Verschieben sichern. Der Transformator liegt mit seiner Unterkante bei neuen Rädern etwa 285 mm über Schienenoberkante und nützt das gemäß den bahnamtlichen Vorschriften über Fahrt in Bogengleisen entsprechend eingeschränkte Querschnittmaß voll aus.

Für Leerfahrt (Abb. 9) werden die beiden Drehgestellgruppen zusammengeschoben und die Schnäbel mittels Gelenkbolzen und besonderer Hilfslaschen gekuppelt. In auseinandergefahrenem Zustande stützen sich die Schnäbel mittels je zwei Spindeln auf die darunter liegenden fünfachsigen Drehgestelle; diese Tragspindeln werden bei Bahnfahrt ausgebaut. Bei Fahrten ohne Last wird die sonst vorgesehene fliegende Druckluftleitung unterhalb des Mittelstückes auf einem der fünfachsigen Drehgestelle verstaut, während die bereits erwähnten Bremsleitungen der beiden Drehgestellgruppen unmittelbar miteinander gekuppelt werden.

Wagengewicht: Das Gewicht des leeren Wagens (also ohne das Mittelstück) beträgt rund 90 t. Da das Transformatoren-Mittelstück 168 t wiegt, ergibt sich für den beladenen Wagen das ganz außerordentliche Gesamtgewicht von 258 t. Auf jede der 18 Achsen trifft demnach eine Belastung von 14,33 t.

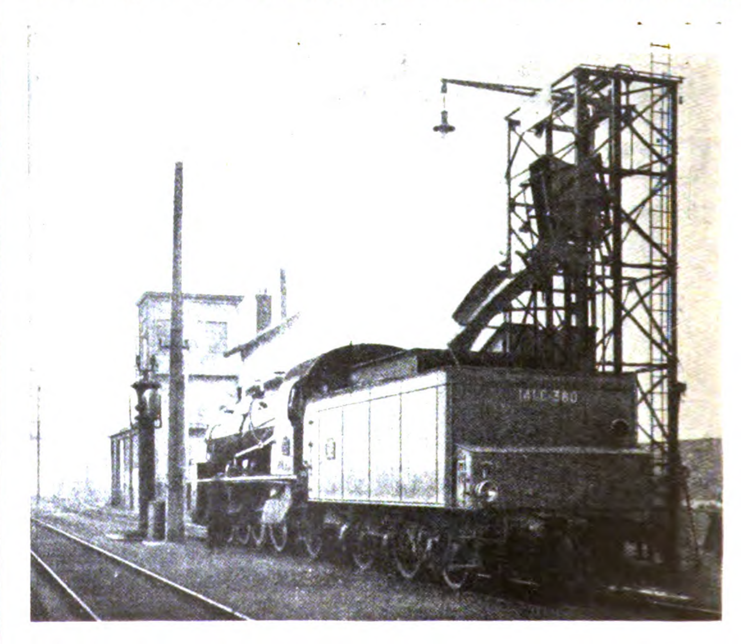
Berichte.

Lokomotivbehandlungsanlagen.

Aufzug-Sturzanlage für Lokomotivbekohlung.

Um den gestiegenen Betriebsanforderungen nachkommen zu können, hat die französische P. L. M. Eisenbahngesellschaft sämtliche Bekohlungsanlagen ihres Netzes nach den Gesichtspunkten größter Leistungsfähigkeit in der Zeiteinheit und geringster Handarbeit verbessert oder erneuert. Unter den verschiedenen zur Ausführung gekommenen Anlagen hat sich besonders die Aufzug-Sturzanlage in Roanne gut bewährt. Sie ist sehr einfach, billig und beansprucht wenig Raum.

Die Anlage (s. Abb.) stellt einen Doppelaufzug dar, der die beladenen Kohlenhunde auf eine Höhe von etwa 5,80 m über S. O. bringt und ihren Inhalt dann selbsttätig auf den Tender stürzt. Da sie keinen Bunker hat, besteht ihr Betriebsvorrat in den gefüllt bereitstehenden Kohlenkarren. Der aus Formeisen gebaute Doppelaufzug steht unmittelbar neben dem Lokomotivgleis. Wenn die eine Aufzugbühne mit dem Kohlenkarren steigt, senkt sich die andere mit dem leeren Kohlenkarren. Ein Endausschalter schaltet den Hubmotor am Ende des Hubes aus und die Bühne kippt nach Ausklinken eines Anschlages mit dem festgehaltenen Karren gegen das Schüttblech, so daß der Wageninhalt über das Schüttblech auf den Tender stürzt. Zum schnellen Anhalten des Motors nach dem Ausschalten sitzt auf der Motorwelle eine sich selbsttätig ein- und ausschaltende Bremse. Die Kohlenkarren werden nach dem Auffahren auf die Bühne des Aufzuges selbsttätig an einer Achse durch eine Federvorrichtung festgehalten, die sich erst nach der Niederfahrt wieder löst. Der Betrieb des Aufzuges gestaltet sich also sehr einfach: es ist lediglich der leere Kohlenkarren auf der niedergegangenen Bühne gegen einen vollen auszuwechseln und der Fahrthebel zu betätigen. Alle anderen Vorgänge vollziehen sich selbsttätig. Zeitstudien haben ergeben, daß 1 t Kohle in 1 Minute 24 Sekunden durch den Aufzug auf den Tender gefördert werden kann. Der Aufzug



Aufzug-Sturzanlage für Lokomotivbekohlung.

kann in 24 Stunden im praktischen Betriebe bis zu 600 t Kohlen fördern. Wegen der zum Füllen der Karren erforderlichen Handarbeit wird seine Anwendung aber nur für mittelgroße Lokomotivbehandlungsanlagen, die noch keine kostspieligeren selbsttätigen Anlagen rechtfertigen (etwa bis zu 250 t Tagesbedarf), empfohlen.

(Rev. gén. ch. d. f. 1929, Nr. 2. Eb.

Chemische Reinigung des Lokomotiv-Speisewassers.

Die italienischen Staatsbahnen besitzen zahlreiche Anlagen, in denen das Lokomotivspeisewasser nach dem Kalk-Sodaverfahren chemisch gereinigt wird. Zu den im Jahre 1913 vorhandenen sieben Anlagen kamen bis 1927, einschließlich zweier, von den ehemaligen österreichischen Staatsbahnen übernommenen, 25 weitere. Drei Anlagen sind noch im Bau. Die Gesamthärte des Wassers schwankt bei den einzelnen Stellen zwischen 25 und 72 Härtegraden*), erreicht aber gelegentlich 92 bis 104 Grad; die permanente Härte beträgt bis zu 88 Grad. Nach der Reinigung übersteigt die Härte des Wassers nie mehr den Betrag von 20 Graden, meist liegt sie bei 12 bis 15 Grad.

Im Jahre 1928 waren von den vorhandenen Anlagen 29 in Betrieb und lieferten 2,8 Millionen m^3 gereinigtes Wasser, d. s. 17,4 % des gesamten verbrauchten Lokomotivspeisewassers.

Die Beschaffung der Soda in der erforderlichen Güte macht nirgends Schwierigkeiten. Für die Lieferung von Kalk wurden Vorschriften aufgestellt. So darf der Kalk am Bestimmungsort höchstens 15 % Staub enthalten. Ungebrannte Teile, Silikate und andere Beimengungen dürfen zusammen nur den Betrag von 8 % erreichen, der Gehalt von $CaSO_4$ darf nicht über 1 %, jener von $CaCO_3$ nicht über 2 % sein.

Die Leistungsfähigkeit der einzelnen Anlagen an täglich gereinigtem Wasser ist verschieden und liegt zwischen 20 und 1000 m^3, die Gesamtleistungsfähigkeit aller Anlagen ist 8047 m^3 pro Tag.

Die Erfahrungen mit der chemischen Wasserreinigung sind durchwegs günstig. Genaue Feststellungen wurden an der 1926 in Betrieb genommenen Anlage in Cotrone gemacht. Die Härte des dortigen Wassers betrug vor der chemischen Behandlung 69 Grad, davon 40 Grad permanente Härte, nach der Enthärtung nur mehr 15 Grad. Die der Station zugeteilten Lokomotiven der Gruppe 290 mußten im Jahre 1925, also vor Einführung der Enthärtung des Speisewassers, 138mal, im Jahre 1926, also nach Einführung der Enthärtung, 57mal gewaschen werden; dies gibt eine Verringerung der Häufigkeit des Kesselwaschens um 59 %. Wegen Lokomotivschäden, die auf die Wassereigenschaften zurückgeführt werden können (Undichtheiten an den Rohrwänden, Stehbolzenbrüche, Rohrbrüche infolge Anfressungen), wurden auf je 10000 km Fahrstrecke Ersatzlokomotiven angefordert:

1925	1926	1927
0,49	0,19	0,11.

Auch die Behebung von Schäden, die auf die Wassereigenschaften zurückgeführt werden können, zeigt eine bedeutende Abnahme im Jahre 1926 gegen 1925, nämlich:

Rohrrinnen und Rohrbrüche . . . . 12 %
Stehbolzenrinnen und Brüche . . . . . . 14,6 %.

Dabei ist zu beachten, daß die Lokomotiven nicht ausschließlich mit gereinigtem Wasser, sondern auf der Strecke auch mit solchem von 30 bis 40 Grad Härte gespeist werden.

Der Kohlenverbrauch der Lokomotiven Gruppe 290 für 100 virtuelle tkm (Gewicht des ganzen Zuges) war nach genauen Aufschreibungen vor und nach Einführung der Wasserreinigung:

1924 bis 1926	1926 bis 1928
4,64 kg	4,26 kg.

Die Verminderung beträgt 8,1 %. Davon sind nach Berücksichtigung anderer Faktoren, wie bessere Bedienung und Unterhaltung der Lokomotiven, etwa 4,5 % der Wasserreinigung zuzuschreiben.

Zum Vergleich wurde auch der Kohlenverbrauch der Lokomotiven Gruppe 550 aufgeschrieben. Die diesbezüglichen Zahlen für 100 virtuelle tkm sind:

1924 bis 1926	1926 bis 1928
5,02 kg	4,59 kg

*) Französische Härtegrade. Ein französischer Härtegrad (10 mg $CaCO_3$ in 1 l) = 0,56 deutsche Grade (10 mg CaO in 1 l).

Für diese Lokomotivgattung errechnet sich eine Gesamtverminderung um 8,6 %, davon etwa 5,1 % durch die Speisewasserreinigung.

Über Tilgung, Verzinsung, persönliche und sächliche Unkosten hinaus erzielte die Anlage in Cotrone beträchtliche Ersparnisse durch den Kohlenminderverbrauch allein. Schn.

(Riv. tecn. delle Ferrovie ital. 15. Juli 1929.)

Speisewasserreinigung auf der London und Nord-Ost-Bahn.

In einer englischen Betriebswerkstätte in Annesley bei Nottingham wurde eine neue Wasserreinigungsanlage Bauart Paterson in Betrieb genommen, die besondere Einrichtungen besitzt, um eine innige und die richtigen Verhältnisse gewährleistenden Mischung des Wassers mit den Reinigungsmitteln herbeizuführen. Die Reinigungsmittel sind die üblichen, Kalk

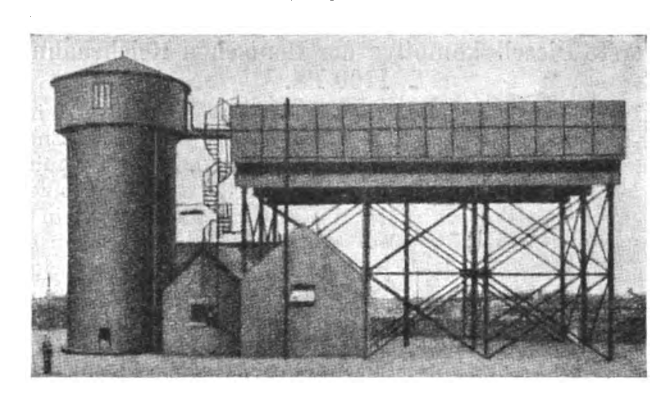


Abb. 1. Gesamtansicht der Lokomotivspeisewasser-Reinigungsanlage im Bahnbetriebswerk Annesley.

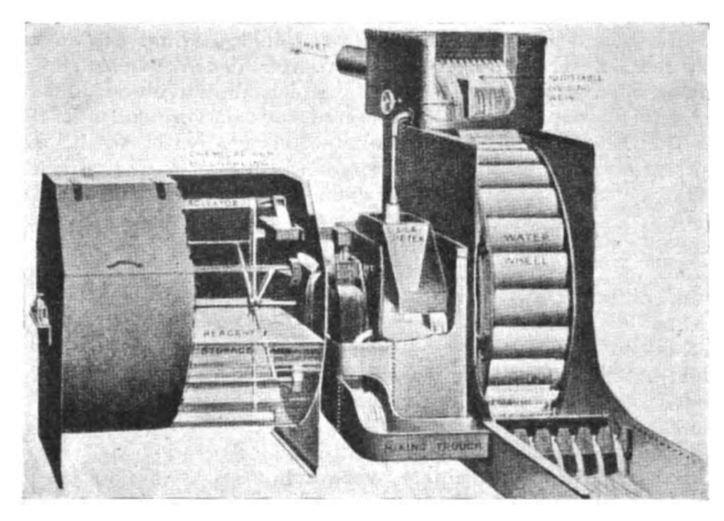


Abb. 2. Arbeitsweise des Osilameters.

und Soda. Das zufließende harte Wasser gelangt zunächst in eine kleine Kammer, die durch eine von Hand verschiebbare Scheidewand in zwei Teile getrennt wird. Der größte Teil des zuströmenden Wassers (etwa 80 %) setzt seinen Lauf geradeaus fort und treibt ein Wasserrad. Von hier aus fließt das Wasser in einen kurzen wagrechten Trog. Durch das Wasserrad wird ein auf gleicher Welle sitzendes Schaufelrad bewegt, das ein Gemisch von Kalk und Rohsoda in dauernder Bewegung hält.

Die kleinere Menge des Wassers (etwa 20 %) läuft in ein Kippgefäß mit zwei Kammern. Wenn eine Kammer vollständig mit Wasser gefüllt ist, wird der Inhalt selbsttätig entleert und gelangt alsdann in einen kleinen Behälter. In den gleichen Behälter fließt der Inhalt eines mit der Kalk-Sodalösung gefüllten Gefäßes, das an dem Schaufelrad angebracht ist. Auf diese Weise wird diese Lösung zunächst mit etwa einem Fünftel der zu reinigenden Wassermenge gemischt. Dann fließt die Mischung durch einen offenen wagrechten Kanal und vereinigt sich mit der vom Wasserrad kommenden Flüssigkeit.

Die Kalk-Sodalösung hat stets die gleiche Zusammensetzung. Durch den Mischvorgang wird eine bestimmte Wassermenge immer mit einer gleichbleibenden Menge an Reinigungslösung durchsetzt. Erhöht sich der Wasserzulauf, so wird der Zufluß an Reinigungslösung selbsttätig um den gleichen Prozentsatz vergrößert. Will man das Mischungsverhältnis ändern, so wird die horizontal verschiebbare Scheidewand in der oberen Kammer in eine andere Lage gebracht.

Nach Verlassen des Mischers fließt das Wasser in den zylinderförmigen Reiniger (Abb. 2). Dieser hat einen Durchmesser von 5,5 m und eine Höhe von 11,30 m. In der Achse des Reinigers befindet sich eine hohle senkrechtstehende Welle. In ihrem unteren Ende ist ein Schlagwerk angebracht. Welle und Schlagwerk befinden sich in ständiger Bewegung. Das zuströmende Gemisch von Wasser und Reinigungslösung fl durch die hohle Welle und tritt durch das Schlagwerk in Reiniger aus. Von hier aus steigt es langsam nach oben und du strömt einen aus Holzfasern hergestellten Filter. Oberhalb di Filters läuft das gereinigte Wasser nach den Sammelbehältern Der ganze Reinigungsvorgang nimmt etwa fünf Stunden Anspruch. Die im Reiniger sich ansammelnden Niedersch werden nach gewissen Zeitabständen durch einen Hahn gezapft.

Eine Anlage ähnlicher Art für 40 m³ Leistung, die einigen Jahren schon für den Lokomotivschuppen der S afrikanischen Bahnen in Pretoria errichtet wurde, soll gut bewährt haben.

(Bull. Ch. d. f. März 1929.) Sc

Lokomotiven und Wagen.

Die erste Diesellokomotive der Deutschen Reichsbahn mit 1200 PS.

In diesen Tagen geht wiederum ein wichtiges Glied in der Reihe der Versuchsbauarten von Lokomotiven gesteigerter Energieumsetzung seiner Vollendung entgegen, eine Lokomotive mit Antrieb durch einen Dieselmotor, nämlich die von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft bei der Maschinenfabrik Esslingen in enger Zusammenarbeit mit dem Konstruktionsdezernat des Reichsbahnzentralamts erbaute Diesel-Druckluftlokomotive. Der Dieselmotor und der Verdichter wurde von der M.A.N. geliefert. An Stelle der Kraftübertragung durch den elektrischen Strom, durch Flüssigkeits- oder Zahnradgetriebe ist hier Druckluft als Übertragungsmittel gewählt, um die Anforderungen der Lokomotive hinsichtlich Zugkraft und Geschwindigkeit mit den Eigenschaften des Dieselmotors in Einklang zu bringen. Der in der Längsachse der Lokomotive angeordnete Motor treibt unmittelbar einen Luftverdichter an, der Druckluft von 7 at liefert; sie wird durch die Abgase des Motors erwärmt und den normalen Lokomotivzylindern zugeführt. So einfach das Verfahren klingt, bedingt es dennoch naturgemäß schon durch den Charakter des Versuchs einigen zusätzlichen Aufwand. Wie umfangreich die zu überwindenden Schwierigkeiten waren, geht schon daraus hervor, daß seit 1923 an der Entwicklung dieser Lokomotive gearbeitet wird. Der Luftverdichter mußte als vollkommen neues Element, für das noch keinerlei Erfahrungen vorlagen, durchgebildet werden. Der niedrige Druck wurde mit Rücksicht auf einfachste Bauform gewählt, weil man ihn noch in einer Druckstufe erzielen kann. Bedenkt man, daß der zweizylindrige, doppeltwirkende Verdichter mit 450 Umdrehungen pro Minute laufen muß und dabei 220 kg Luft liefert, so erhellt, was für ein Ingenieurwerk allein dieses Element verkörpert. Umfangreiche Versuchsarbeit mußte auf die Kühlung des Verdichters verwandt werden. Sie wird durch unmittelbare Einspritzung von Wasser in den Zylinder erreicht, das dann verdampft an der Arbeitsleistung teilnimmt.

Die Bedienung der Lokomotive erfolgt wie bei der normalen Dampflokomotive durch Füllungssteuerung und Betätigung eines Ventilreglers. Der Gesamtwirkungsgrad vom Brennstoff bis zum Zughaken beträgt etwa 25%, so daß derjenige der modernsten Dampflokomotiven um mehr als 100% überschritten wird.

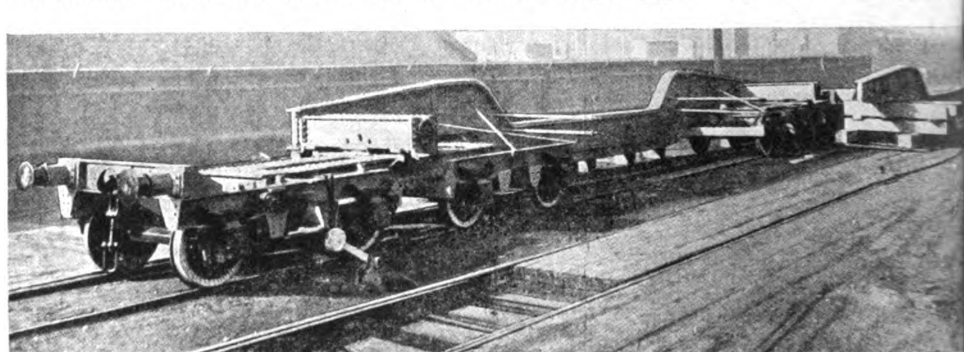
Bei Betrachtung der Wirtschaftlichkeit einer derartigen Lokomotive muß allerdings beachtet werden, daß die Wärmepreise von Öl und Kohle sich wie 2 : 1 verhalten und der Kapitalaufwand für Dieselmotoren heute noch recht erheblich ist. Stellen diese Tatsachen zusammen mit dem Mangel jeglichen Eigenbesitzes an Ölvorkommen die Verwendung der Diesellokomotive in größerem Maße bei der Reichsbahn zunächst auch noch in Frage, so darf die Bedeutung der Entwicklung derartiger Fahrzeuge durch die Reichsbahn nicht unterschätzt werden. Einerseits werden sich in der Zukunft die Verhältnisse z. B. durch die Verflüssig der Kohle, zugunsten des Verfahrens verschieben, im Augenb aber werden für die gesamte Volkswirtschaft sogar Vorteile rungen durch Eröffnung neuer Absatzgebiete für die deut Industrie in Ländern mit reichem Ölvorkommen und besond Betriebsbedingungen (z. B. Wassermangel), wo Diesellokomot das Gegebene sind.

Die Diesel-Druckluftlokomotive hat bereits eine Reihe Lastfahrten im Bezirk der Reichsbahndirektion Stuttgart geführt und wird demnächst zur exakten Erprobung der Versu abteilung für Lokomotiven beim Reichsbahnausbesserungs Grunewald zugeführt werden.

Nach der Zeitschrift „Die Reichsbahn“.

Ein neuartiger Tiefladewagen.

Die London-Midland- und Schottische Eisenbahn hat Tiefladewagen für Transformatoren von 80 t Tragfähigkeit abnehmbaren Längsträgern erbaut (s. Abbildung). Er bietet Vorteil, daß man eine zwischen die Träger herunter reich Last nach der Seite ein- und ausbringen kann, ohne sie bis Oberkante des Seitenträgers anheben zu müssen. Dadurch viel Zeit erspart und die Gefahr vermieden werden, die mit Heben der Last um etwa 600 mm verbunden ist. Die Last dabei selbstverständlich etwas angehoben werden, bis Seitenträger entlastet sind. Einer von ihnen kann dann Lösen der Verbindung mit den Drehschemeln und der An bolzen, die die beiden Träger gegenseitig versteifen, leicht genommen werden. Die Schrauben zur Verbindung mit Drehschemeln sind durch angenietete Knaggen von Zug Druck entlastet. Manche Lasten können auch an Balken gehängt werden, die von Drehgestell zu Drehgestell reic und sich unmittelbar auf diese stützen. In diesem Fall is Entfernung eines Seitenträgers noch einfacher. Infolge der ordnung von vier Drehgestellen, deren äußere die Zug- und S vorrichtung tragen, kann der Wagen Bogen bis zu 20 m H messer befahren. Sein Leergewicht beträgt 45 t, die Länge Puffer 22,1 m, der größte Radstand 20,1 m, der Drehgestell stand 2,0 m und die Weite zwischen den Längsträgern 1,25 m.



Ansicht des Tiefladewagens nach Abnahme eines Längsträgers.

Bttg

(Railw. Eng., Juli 1929.)

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.

Die Kal
Durch den
immer mit (
durchsetzt.
an Reinigun
vergrößert.
die horizonta
in eine ander
Nach V
zylinderförmi
messer von 8
des Reinigers
In ihrem unt
und Schlagwe

Die erste Di

In diese
Reihe der Vers
umsetzung sei
trieb durch e
Reichsbahn-Ge
Zusammenarbe
zentralamts er
und der Verdic
Kraftübertragu
oder Zahnradg
gewählt, um
Zugkraft und (
motors in Ei
Lokomotive a
verdichter an,
Abgase des Mo
zugeführt. So
naturgemäß so
zusätzlichen A
Schwierigkeiten
an der Entwic
Luftverdichter
noch keinerlei
niedrige Druck
gewählt, weil
Druckstufe e
man, daß der
wirkende Verd
drehungen pro
und dabei 220
hellt, was für
dieses Element
reiche Versuch
Kühlung de
werden. Sie
bare Einspritzu
Zylinder erreich
an der Arbeitsl
Die Bedie
erfolgt wie bei
lokomotive du
und Betätigung
Brennstoff bis z
der modernsten
schritten wird.
Bei Betrac
Lokomotive muß
von Öl und Koh
für Dieselmotore
Tatsachen zusan
Ölvorkommen d
Maße bei der Re
die Bedeutung d
Reichsbahn nich

Für die Schri

Abb. 1 bis 6: Sicherheitsvorrichtung

Abb. 2. Stellung der Schloßteile beim Zuwerfen der Tür. **Schloßstulp für neue Wagen.**

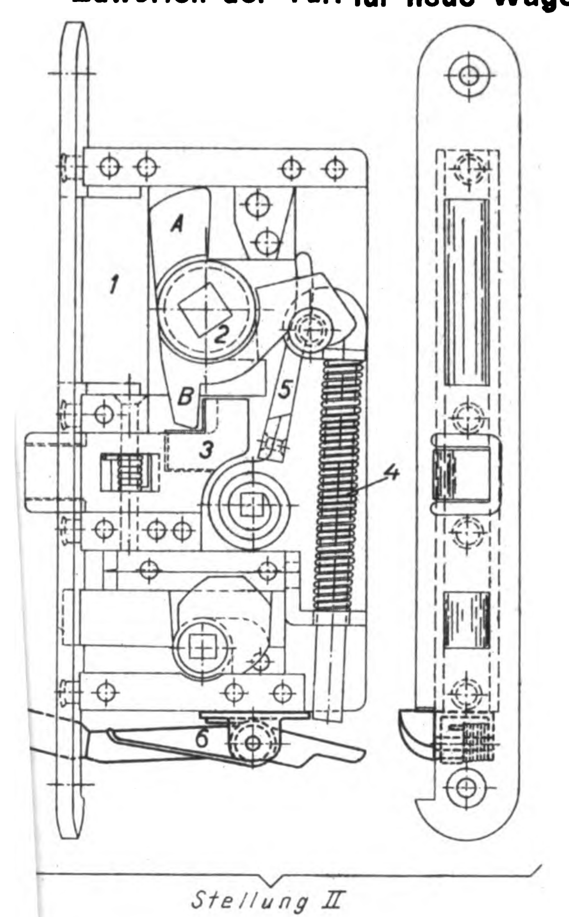


Abb. 3. Stellung der Schloßteile bei geschlossener

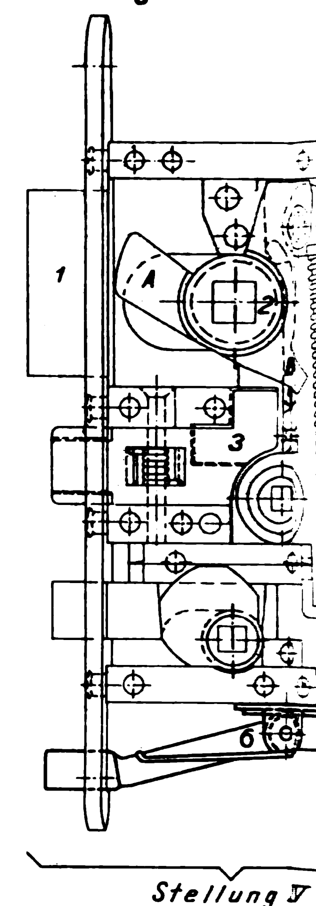


Abb. 9 bis 13: Sicherheitsvorrichtung

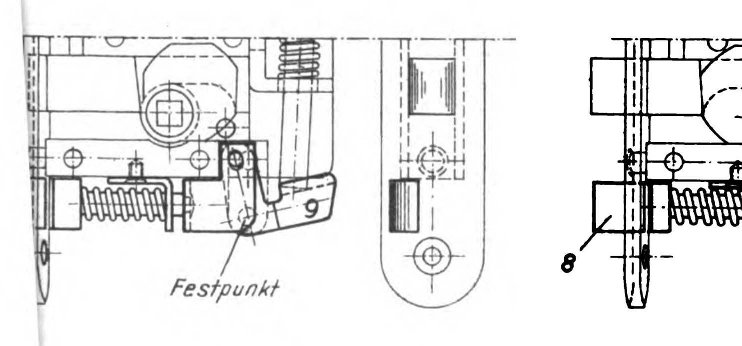


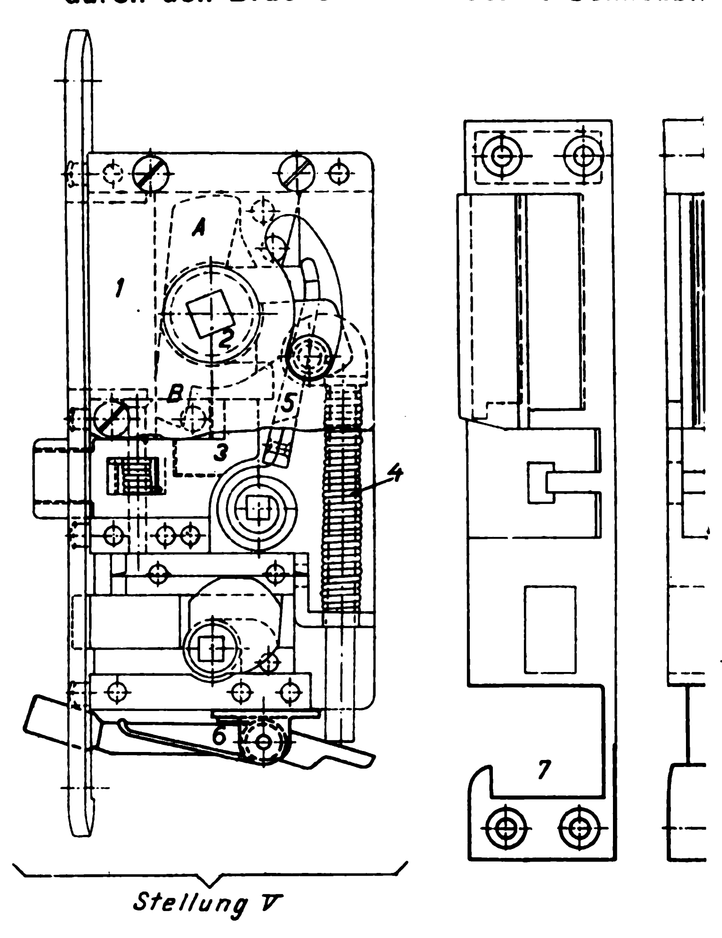
Abb. 10. Abb. 11.

ung nach Vorschlag I „Fischer."

ng der
le
ner Tür.

Abb. 4. Stellung der Schloßteile beim Öffnen der Tür durch den Drücker.

Abb. 5. Schließbl



dung nach Vorschlag II „Fischer."

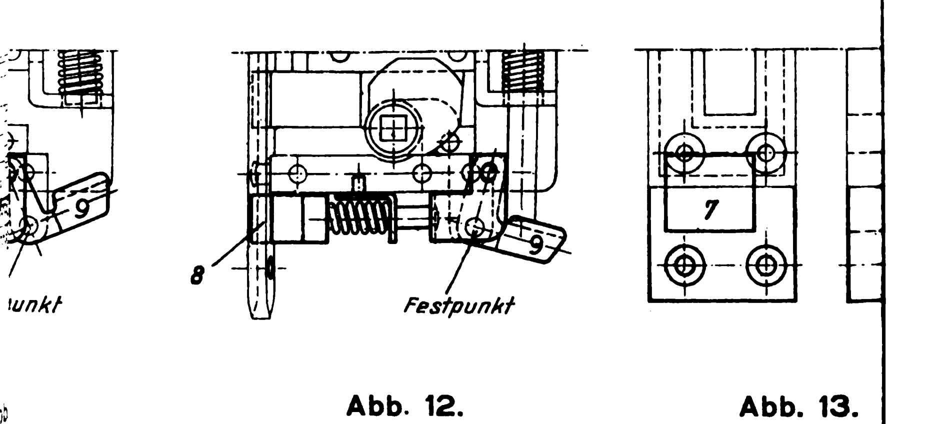


Abb. 12.

Abb. 13.

Die Kal
Durch den
immer mit
durchsetzt.
an Reinigun
vergrößert.
die horizonta
in eine ande
Nach
zylinderförm
messer von
des Reinigen
In ihrem un
und Schlagw

Die erste D

In dies
Reihe der Ve
umsetzung s
trieb durch
Reichsbahn-
Zusammenar
zentralamts
und der Verd
Kraftübertra
oder Zahnra
gewählt, ur
Zugkraft un
motors in
Lokomotive
verdichter a
Abgase des M
zugeführt.
naturgemäß
zusätzlichen
Schwierigkei
an der Ent
Luftverdicht
noch keinerl
niedrige Dr
gewählt, we
Druckstufe
man, daß
wirkende
drehungen
und dabei
hellt, was f
dieses Elen
reiche Vers
Kühlung
werden. S
bare Einspr
Zylinder er
an der Arbe
Die E
erfolgt wie
lokomotive
und Betätigu
Brennstoff
der modern
schritten wi
Bei B
Lokomotive
von Öl und
für Dieselm
Tatsachen z
Ölvorkomm
Maße bei d
die Bedeutu
Reichsbahn

Für die

1929
84. Jahrgang

Heft 24
15. Dezember

ORGAN

FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER / C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis.



Buchbesprechungen.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

84. Jahrgang **15. Dezember 1929** **Heft 24**

Schlingerbewegungen von Drehgestellwagen.

Von **Caesar**, Vizepräsident der Reichsbahndirektion Essen.

Hierzu Tafel 37.

Für die wissenschaftliche Erkenntnis der Wechselwirkungen zwischen Rad und Schiene sind in den letzten Jahrzehnten bemerkenswerte Beiträge von Helmholtz, Jahn, Boedecker, Uebelacker und Heumann geliefert worden.

Helmholtz sagt in der Zeitschrift des V. D. I. von 1880, Seite 336: „Jeder Radsatz hat das Bestreben geradeaus zu laufen, d. h. sich in jedem einzelnen Augenblick rechtwinklig zu seiner Achse einzustellen;“ das bedeutet, er verzichtet von vornherein auf Untersuchungen, die auf die kegeligen Radreifen Rücksicht nehmen wollen. Uebelacker geht in der Beilage zum Organ 1903 bei seinen Betrachtungen von der Annahme aus, daß die Räder keine kegelige, sondern zylindrische Gestalt haben. Jahn und Heumann legen ähnliche Annahmen zugrunde. Boedecker entwickelt im Organ 1915, Heft 1, seine Gleichungen zwar unter Berücksichtigung der verschieden großen Rollkreise der Räder, schaltet dann aber diese Annahme wieder aus, indem er einen Gleichgewichtszustand der Lage des Wagens annimmt, der allmählich nach Einlaufen des Wagens in Krümmungen eintreten soll, was indessen nicht zutrifft und nur richtig wäre für vollständig steifachsige Fahrzeuge.

Da Lokomotiven zu den steifachsigen Fahrzeugen gehören, scheiden sie für die nachfolgenden Betrachtungen über Wellenbewegungen aus, während zweiachsige Wagen und Drehgestellwagen den Gesetzen der Bewegung kegeliger Räder mit den aus der Rechnung sich ergebenden Einschränkungen unterworfen sind. Wie die Bilder der Schlingerbewegungen zeigen werden, pendeln die Drehgestellwagen in bestimmten Wellenlängen auch in Krümmungen bis zu gewissen Grenzen je nach dem vorhandenen meßbaren Spiel der Achsbüchsen zwischen den Führungen nebst dem durch elastische Veränderungen der Drehgestelle hervorgerufenen Spiel dauernd um die Mittellinie des Gleises hin und her.

Meine Untersuchungen über den Lauf „frei rollender Achsen“ im Organ 1920, Heft 1, haben im letzten Jahre durch Aufzeichnungen von Schlingerbewegungen an Drehgestellwagen eine derartige Übereinstimmung mit der Wirklichkeit ergeben, daß scheinbare Abweichungen der unter den Wagen rollenden Achsen bei höheren Geschwindigkeiten mich zu ergänzenden Untersuchungen veranlaßt haben, deren Ergebnis für die Beurteilung der Wechselwirkungen zwischen Rad und Schiene neu ist und durch Abweichung von den Folgerungen der genannten Verfasser, soweit Wagen in Frage kommen, für die Weiterentwicklung des Baues von Wagen und insbesondere Drehgestellwagen nicht übergangen werden darf.

Abschnitt I.

Vorbemerkungen über die Versuche.

Vor der Durchführung der neuen Rheingoldzüge zwischen Holland und der Schweiz sind durch Versuchsfahrten die senkrechten und wagrechten Schlingerbewegungen an einem Schlußwagen über den neuen Drehgestellen aufgezeichnet worden. Nur die wagrechten Bewegungen sind Gegenstand der folgenden Betrachtungen, da die senkrechten Stöße eine Folge der Unebenheiten von Schienen, ihrer Auflager und Verbindungen sind.

Das Hauptergebnis meiner Untersuchungen vom Jahre 1920 läßt sich in den Satz zusammenfassen: „Der Schwerpunkt einer Achse mit gleichmäßig kegeligen Reifen beschreibt eine Wellenlinie unveränderlicher Wellenlänge und zwar unabhängig von dem Maße der Ablenkung der Achse aus ihrer Mittellage.“ Die Wellenlänge wurde im erwähnten Aufsatz durch Näherungsverfahren zu $4 \times 4{,}21 = 16{,}84$ m ermittelt, wenn der Laufkreishalbmesser der Räder = 500 mm, die Kegelneigung der Radkränze 1:20 im Laufkreis und das übrige Profil den deutschen Vorschriften für Radreifen entspricht. An Stelle des Näherungsverfahrens ist es gelungen eine mathematische Lösung zu finden, die im Abschnitt A näher behandelt ist. Danach ist die Wellenlänge 16,92 m.

Da die rechnerische Auswertung der Gleichungen wegen der sehr kleinen Winkel der Krümmungshalbmesser der Schwerpunktsbahn unter Benutzung von siebenstelligen Logarithmentafeln ungenau wird, außerdem die Behandlung der ebenfalls vorkommenden natürlichen Logarithmen gewisse Schwierigkeiten bietet, habe ich die Rechnungsergebnisse zeichnerisch in Abb. 3 aufgetragen, wodurch auch ein besserer Überblick über die Einzelwerte ermöglicht wird.

Die im fahrenden Zuge aufgenommenen Bewegungen der Schwingungsvorrichtung.

Die Tafel zeigt die Aufzeichnungen einer nachfolgend beschriebenen Vorrichtung. Ein an einer Feder aufgehängtes Gewicht schwingt in wagrechter Richtung senkrecht zur Wagenlängsachse und überträgt durch schreibende Zeiger seine Bewegungen auf ein Papierband. Dieses Band wird durch eine Welle von einer ungebremsten Wagenachse aus mit einem Vorschub von 36 mm je Kilometer weiter bewegt, zeigt also nicht zeitlich, sondern im Längenmaß zur Strecke die wagerechten Ausschläge. Zählt man die Ausschläge nach einer Seite über 36 mm Papierbandlänge, so hat man die Zahl der Schlingerwellen auf 1 km Streckenlänge, oder 1000 m durch die so gefundene Zahl der Ausschläge geteilt, gibt die Länge der Welle, in der das Wagenende im Gleis hin und her pendelt.

Aus den Diagrammen der Zugfahrt Elten—Düsseldorf und zurück sind für die verschiedensten Geschwindigkeiten die Wellenlängen ermittelt, in die Zusammenstellung eingetragen und durch Abb. 1 ergänzt. Darin ist von einer Wellenlänge = 16,92 m zu Beginn der Bewegung ausgehend eine mittlere Linie LW für die sämtlichen gefundenen Punkte eingezeichnet. Diese Linie zeigt 19,9 m Wellenlänge bei einer Geschwindigkeit von 100 km/Std. Für die Abweichung der Wellenlänge von dem Anfangswert von 16,92 m bei hohen Geschwindigkeiten ist damals von mir Seite 6 die Erklärung gegeben worden, daß bei sehr hohen Geschwindigkeiten der Einfluß der Fliehkraft der Achsen auf Beibehaltung ihrer Drehungsebenen merkbar sein dürfte, mit andern Worten: die umlaufenden Radmassen in der jeweiligen augenblicklichen Drehungsebene müssen auf den Schienen einen Schlupf der Räder herbeiführen, der die Wellenlinie weitet und die Länge derselben dadurch vergrößert. Der rechnerische Nachweis ist nunmehr in Abschnitt B geführt.

Zu Abb. 1 der Wellenlängen sind einige allgemeine Bemerkungen von Wichtigkeit. Von den 32 Punkten des Bildes

für die Wellenlängen sind 14 — mit wagrechtem Querstrich im Kreis gekennzeichnet — in Krümmungen ermittelt, deren Halbmesser zwischen 500 und 1500 m schwanken. Die Wellenlängen bei 11 dieser Punkte liegen etwas unter den Mittelwerten, was darin seinen Grund hat, daß die Räder mit ihren

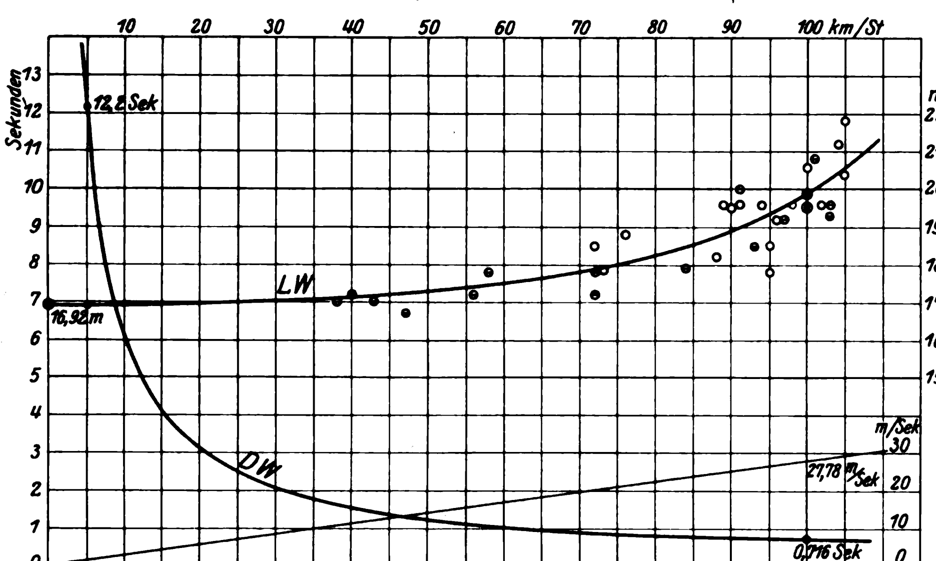


Abb. 1. Wellenlänge und Wellendauer der Schlingerbewegungen aus den Versuchen und aus der Rechnung.

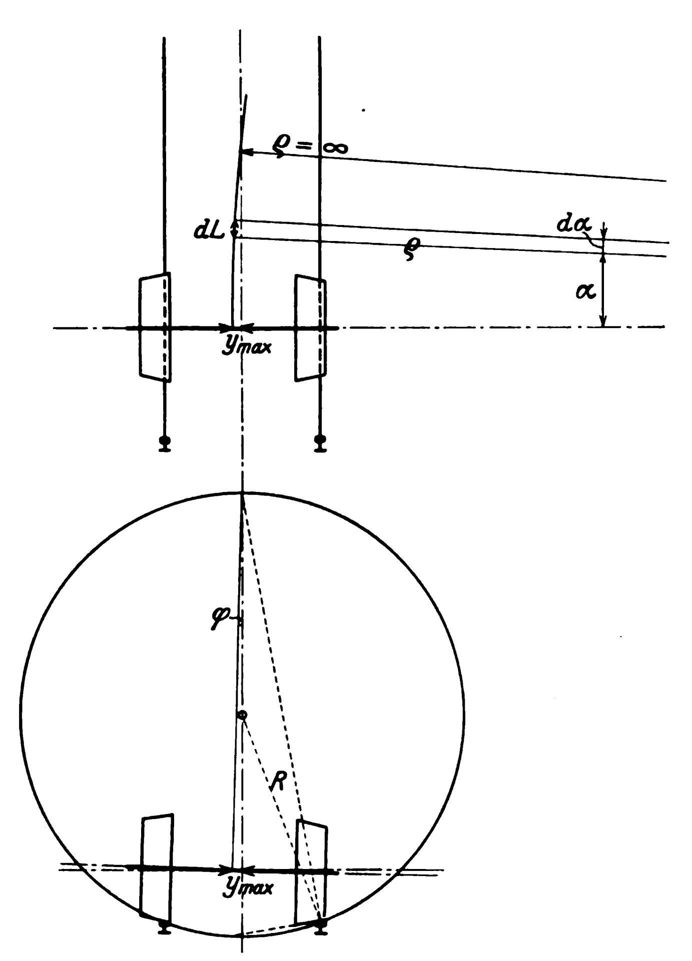


Abb. 2. Schema für die wichtigsten Werte.

Hohlkehlen schärfer anlaufen und die Wellenlänge verkürzen, worüber besondere Untersuchungen von mir angestellt worden sind, deren Umfang indessen über den verfügbaren Raum und Zweck dieses Aufsatzes hinausgeht. Das Ergebnis der Untersuchungen dieses Aufsatzes, daß die Wellenlängen bei bestimmten Geschwindigkeiten bestimmte Größe haben, beweist unwiderleglich, daß entgegen der allgemeinen Annahme das Drehgestell oder der Wagen sich in Krümmungen nicht nach einem festen Krümmungsmittelpunkt einstellt, sondern genau wie in der Geraden pendelt. Während in der Geraden die Mittellinie dieser Wellenbewegungen mit der Gleismitte zusammenfällt, ist es in den Krümmungen ein aus der Gleismitte nach außen verschobener Kreisbogen mit dem gleichen Mittelpunkt für den Halbmesser der Gleiskrümmung. Außer den Wellenlängen — Linie LW — ist die Dauer einer Welle bei Geschwindigkeiten bis zu 100 km/Std. berechnet und eingetragen. Während die Linie DW z. B. bei 5 km/Std. eine Dauer der ganzen Welle von 12,2 Sek. zeigt, sinkt bei 100 km/Std. die Dauer einer Welle auf 0,716 Sek. Diese kleinen Zeiten beeinflussen ganz wesentlich die Größe des Schlupfes der Räder auf den Schienen, wie im Abschnitt C gezeigt wird.

Abschnitt II.

Unterlagen und Berechnungen.

Um einerseits die Gleichungen und die Beweise meines früheren Aufsatzes nicht wiederholen zu müssen, andererseits aber zu ermöglichen, ohne jene Vorgänge die neuen Ergebnisse zu verfolgen, habe ich die sowohl früher wie jetzt verwendeten Zeichen und, soweit sie als nicht veränderlich angenommen werden, ihre Werte nachfolgend zusammengestellt.

Abb. 2 enthält die hauptsächlichsten Zeichen:

- r Halbmesser des Laufkreises der Räder = 500 mm,
- s Spurweite der Laufkreise einer Achse = 1500 mm,
- 1:n Kegelneigung der Spurkränze im Laufkreis = 1:20,
- φ Neigungswinkel der im Schwerpunkt der Achse senkrecht zur Achsmittellinie errichteten Ebene zu der in der Gleisachse senkrecht zur Schienenoberkante stehenden Ebene,
- l Halbmesser des Kreises, in dem sich die Kegelflächen der Spurkränze von der Neigung 1 : n in der Achsmitte schneiden $= r + \frac{s}{2n} = 537{,}5$ mm. (Vermerk: In der Zusammenstellung II, Seite 4, Nr. 1 des Organs 1920 fehlt die Angabe, daß l=537,5 mm ist!)
- R Halbmesser eines Kreises, der die Schienenoberkanten berührt und durch die Spitze des Winkels φ geht,
- v Verschiebung der Räder auf den Schienen in wagrechter Richtung im Berührungspunkt, dem Laufkreis,
- y Verschiebung des Achsschwerpunktes in wagrechter Richtung $= \frac{2\,(2\,R - l)}{s\sqrt{1 - n^2}} \cdot v = 0{,}96546\ v$, (Vermerk: der Seite 3 im Organ 1920 angegebene Wert v=1,031 y bezieht sich auf r=450 mm),
- ϱ Krümmungshalbmesser der Bahn des Achsschwerpunktes,
- α Winkel, den der Krümmungshalbmesser ϱ mit einer auf der Gleismittellinie senkrecht stehenden Ebene bildet, oder anders ausgedrückt der Neigungswinkel, den die Achswellenmittellinie während ihrer Bewegung von 0 bis α_{max} durchläuft. (Vermerk: Dieser jetzt α_{max} allgemein bezeichnete Winkel wurde früher mit α_0 bezeichnet, um seine Zugehörigkeit zu ϱ_0 zu kennzeichnen),
- P Druck des Rades auf die Schienen in kg,
- Q Größe der Kraft im Laufkreis des Rades, die den Schlupf erzeugt, in kg,
- E Elastizitätsmaß = 2200000 kg/cm²,
- G Gleitmaß = 850000 kg/cm²,

S Schlupf des Rades auf den Schienen in der Längsrichtung im Verhältnis zum durchlaufenen Weg,

$\mathfrak{S}$ und $\mathfrak{S}'$ der Schlupf auf eine bestimmte durchlaufene Wegstrecke.

Wo in der Rechnung nichts anderes angegeben, sind die Werte in m, die Winkel in Bogenlängen des Halbmessers eingesetzt.

Gleichung 11) zur Ermittlung des Winkels α lautete:

$$-\ln\cos\alpha - 2\cos\varphi - \frac{1}{4\,R}\ln\left(sn + 2\,l\cos\varphi - 4\,R\cos^2\varphi\right) +$$

$$+\left(sn - 2\,R + \frac{l^2}{4\,R}\right)\frac{1}{\sqrt{l^2 + 4\,sn\,R}}\,.\,\ln\frac{\sqrt{l^2+4\,sn\,R} - l + 4\,R\cos\varphi}{\sqrt{l^2+4\,sn\,R} + l - 4\,R\cos\varphi} + C = 0.$$

A. Wellenlänge.

Die Auswertung der Gl. 11) meines früheren Aufsatzes im Bild führte nicht nur zur einfachen Darstellung der Werte y, v, ϱ, $-\ln\cos\alpha$ und des Winkels α_{max}, sondern ergab auch einfache Beziehungen zwischen dem Krümmungshalbmesser der Bahn ϱ und dem Ausschlagwinkel φ.

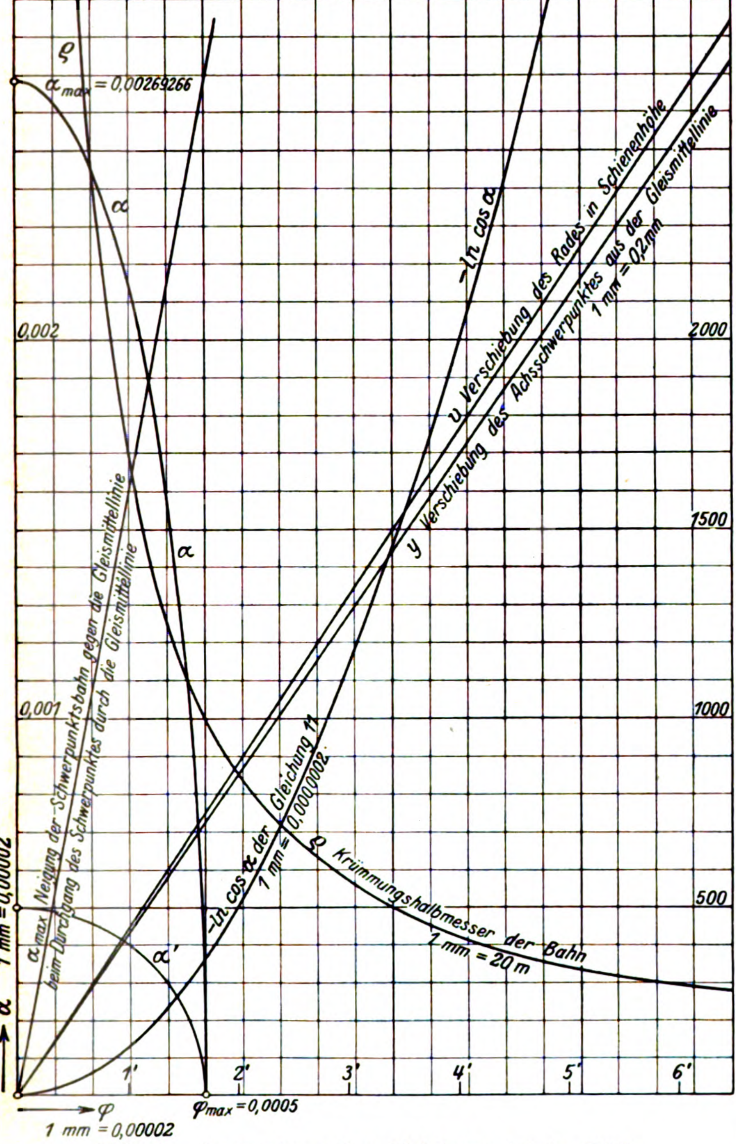


Abb. 3. Auswertung der Gleichung 11) im Bilde.

Abb. 3 stellt die Ergebnisse meiner früheren Untersuchungen zusammen. Als Abszissen sind die Kreisbogen der Winkel φ für den Halbmesser 1 im Maßstab 1 mm = 0,000 02 gewählt. Aus Gl. 11) ist als Ordinate die Linie $-\ln\cos\alpha$ dargestellt. Die Neigung der Schwerpunktsbahn gegen die Gleismittellinie beim Durchgang durch letztere ist in der Linie α_{max} gegeben. Die Verschiebung der Achse in der Ebene der Schienenoberkante ist mit v, die für die Rechnungen maßgebende Verschiebung des Achsschwerpunktes mit y eingetragen.

Trägt man zu allen Werten von φ vom größten Ausschlag der Achse aus der Mittellage (φ_{max}) bis 0 die zugehörigen Werte α des Ausschlages der Achsmittellinie von 0 bis α_{max} beim Durchgang der Wellenlinie durch die Gleismittellinie auf, so ergibt sich die einfache

Gl. 17) . . . . . $\dfrac{\varphi^2}{\varphi_{max}^2} + \dfrac{\alpha^2}{\alpha_{max}^2} = 1,$

also eine Ellipse. Eine solche Ellipse ist für einen Ausschlag $\varphi = 25$ mm $= 0{,}0005$ Kreisbogenlänge (entsprechend einem Winkel von 1′45″,19) eingetragen. Für die späteren Betrachtungen empfiehlt es sich die Ordinaten der Winkel α nicht in dem gleichen Maßstab wie φ, sondern in einem Maßstab aufzutragen, der die Gleichung der Ellipse 17) zu einem Kreis werden läßt. Dies tritt ein, wenn für α der Maßstab 1 : 5,3852 gewählt wird. Die Ellipse — Linie α — wird zum Kreis α'. Schließlich ist der Krümmungshalbmesser der Schwerpunktsbahn ϱ über den Abszissen φ in Maßstab 1 mm = 20 m aufgetragen, womit alle Größen für die Rechnungen dieses Abschnittes bildlich dargestellt sind.

Die Gleichung für ϱ ist aus der Beziehung [Gl. 8) Organ 1920, Seite 2] $\varrho = \dfrac{1\,.\,n + 2\,l\cos\varphi - 4\,R\cos^2\varphi}{2\sin\varphi}$ so abzuleiten, daß bei der geringen Größe des Winkels φ dessen $\cos = 1$ gesetzt wird und $\sin\varphi$ = dem Bogen φ. Der Fehler beträgt bei einem Ausschlag von $\varphi = 6'$ nur rund 3 Millionstel, ist für den vorliegenden Zweck ohne Bedenken zulässig. Man erhält $\varrho = \dfrac{sn + 2\,l - 4\,R}{2\,\varphi}$. Der Wert im Zähler $sn + 2\,l - 4\,R$ beträgt für $\varphi = 6'$ in m gemessen 1,000 08 und nähert sich mit kleiner werdendem φ immer mehr der 1. Deshalb wird $\varrho\,.\,2\,\varphi = 1$. Die obige Gleichung für ϱ lautet deshalb

Gl. 18) . . . . $2\,\varrho\,.\,\varphi = 1$.

Das ist die Gleichung einer gleichseitigen Hyperbel. Sie ist in dieser Form dadurch so wertvoll geworden, weil sich mit ihrer Hülfe die Längen der Einzelabschnitte der Wellenlinie rechnerisch ermitteln lassen. Die Länge eines Teiles der Wellenlinie ist nach Abb. 2 $d\,L = \int \varrho\, d\,\alpha$.

Aus Gl. 17) $\dfrac{\varphi^2}{\varphi_{max}^2} + \dfrac{\alpha^2}{\alpha_{max}^2} = 1$ erhält man durch Differenzieren $2\varphi\, d\varphi = -2\alpha\, d\alpha \dfrac{\varphi_{max}^2}{\alpha_{max}^2}$. Mithin $d\,\alpha = -\dfrac{2\,\varphi\, d\varphi\, \alpha_{max}^2}{2\,\alpha\,.\,\varphi_{max}^2}$

da $\alpha = -\dfrac{\alpha_{max}}{\varphi_{max}}\sqrt{\varphi_{max}^2 - \varphi^2}$ und $2\,\varrho\,\varphi = 1$ ist, wird

$\int \varrho\, d\,\alpha = \int -\dfrac{\alpha_{max}}{2\,\varphi_{max}}\,.\,\dfrac{d\,\varphi}{\sqrt{\varphi_{max}^2 - \varphi^2}}$. Dies integriert liefert

$\int \varrho\, d\,\alpha = \Big/ \dfrac{\alpha_{max}}{2\,\varphi_{max}} \arccos\dfrac{\varphi}{\varphi_{max}} + C$. Für $\varphi = \varphi_{max}$ wird

$\cos\dfrac{\varphi}{\varphi_{max}} = 1$, der Winkel wird $= 0$ und $C = 0$.

$\dfrac{\varphi_{max}}{2\,\varphi_{max}}$ wird aus Gl. 11) für die in Frage kommenden Werte = 2,6926, so daß die Gleichung für Teilstrecken L_t der Wellenlinie lautet:

Gl. 19) $L_t = 2{,}6926 \Big/ \arccos\dfrac{\varphi}{\varphi_{max}}$. Für die Viertelwellenlänge wird ohne Berücksichtigung der Beschleunigungs-

kräfte $L_{1/4} = 2{,}6926 \int_{\varphi=0}^{\varphi=\varphi_{max}} \text{arc cos} \frac{\varphi}{\varphi_{max}} + 2{,}6926 \cdot \frac{\pi}{2} = 4,\ 2296\text{m}$ und die Gesamtwellenlänge das Vierfache oder $L = 16{,}918$ m.

Bestimmung der Wellenlänge für eine Geschwindigkeit von 100 km/Std.

Der Gang der Rechnung soll im Einzelnen an Hand der Abb. 4 durchgeführt und erläutert werden.

Die größte Seitenverschiebung der verwendeten Achsen aus der Gleismitte im geraden Gleis mit 1435 mm Spurweite

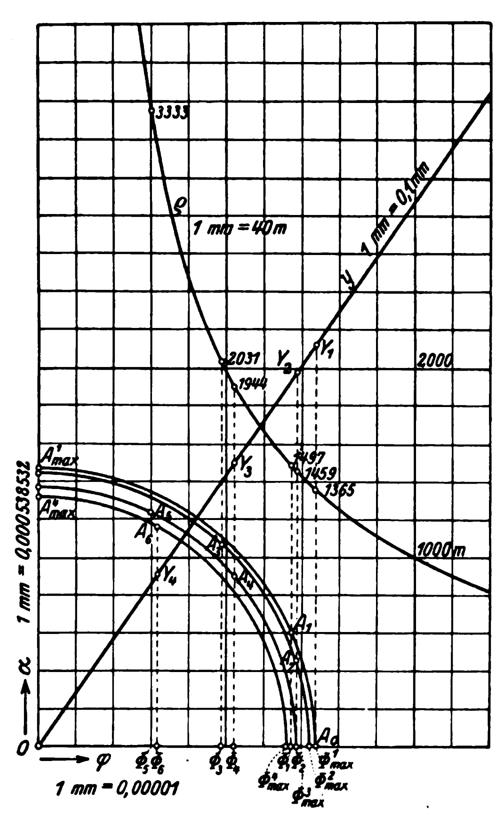


Abb. 4. Erläuterndes Bild für die Rechnung der Wellenlänge bei 100 km/Std.

wird zu 5,5 mm in Schienenhöhe angenommen. Die Verschiebung des Achsschwerpunktes ist $y = 0{,}965\,46$ v; mithin $y = 0{,}965\,46 \cdot 5{,}5 = 5{,}310\,03$ mm. Zu diesem y_{max}, durch Punkt Y_1 gekennzeichnet, gehört ein φ_{max} von $0{,}000\,366\,2036$; in dem für φ verwendeten Maßstab von 1 mm = 0,000 01 wird φ_{max} in der Abb. = 36,6 mm, — mit Φ^1_{max} bezeichnet.

Ein Kreis mit diesem Halbmesser und dem Koordinatenanfangspunkt als Mittelpunkt stellt die Beziehung der Gl. 17) $\frac{\varphi^2}{\varphi_{max}^2} + \frac{\alpha^2}{\alpha_{max}^2} = 1$ dar, worin φ die Abszissen und α die Ordinaten sind. Darin ist α im 5,385 32 fachen Maßstab von φ aufgetragen, wie oben näher begründet.

Für $\varphi = 0$ wird $\alpha = \alpha_{max}$ oder in der Abb. 36,6 mm. Dies ist $\alpha_{max} = 0{,}000005 \cdot 5{,}385\,32 \cdot 36{,}62036 = 0{,}001\,972\,124$, in der Abbildung Punkt A^1_{max}.

Zur Ermittlung der durch die Beschleunigungskräfte entstehenden Abweichung der Wellenlinie werden vier Teilstrecken der Viertelwelle näher untersucht. Nimmt man für die erste Teilstrecke den Ablenkungswinkel α_1 in dem gewählten Maßstab zu 15 mm an oder $\alpha_1 = 0{,}000\,807\,75$ dann wird diese Teilstrecke L_t^1 einerseits durch die Punkte A_0 und A_1 für α_1, andererseits durch die entsprechenden Punkte Φ^1_{max} und Φ_1 für φ bestimmt und ist nach Gl. 19)

$$L_t^1 = 2{,}692\,66 \int_{=\varphi_1}^{\varphi=\varphi_{max}} \text{arc cos} \frac{\varphi}{\varphi_{max}}.$$

Einem $\alpha_1 = 0{,}000\,807\,75$ entspricht ein φ_1 von $0{,}000\,334\,0774$, in der Abbildung Punkt Φ_1. Damit wird

$$L_t^1 = 2{,}69266 \cdot \text{arc cos} \frac{0{,}000\,334\,0774}{0{,}000\,366\,2036}.$$

Der Winkel hierzu ist 24°10′43″, 37, Der arc cos = 0,421 9982 und $L_t^1 = 2{,}692\,66 \cdot 0{,}421\,9982 = 1{,}136\,3005$ m. Für die weiteren Berechnungen, für die das Abgreifen der Maße aus dem Bilde einen Überschlag, aber keine genügend genauen Werte ergibt, sind folgende Beziehungen, die sich aus Gl. 11) des früheren Aufsatzes für $-\ln \cos \alpha$, φ und y ergeben, wichtig.

Gl. 20) $\frac{\varphi_{max}}{\alpha_{max}} = 0{,}185\,69$, der reziproke Wert $\frac{\alpha_{max}}{\varphi_{max}} = 5{,}385\,32$.

Gl. 21) $\frac{\varphi}{y} = 0{,}000\,068\,9645$.

Das berechnete Wellenstück L_t^1 von 1,136 3005 m wird bei dem Ablenkungswinkel $\alpha_1 = 0{,}000\,807\,75$ durch einen

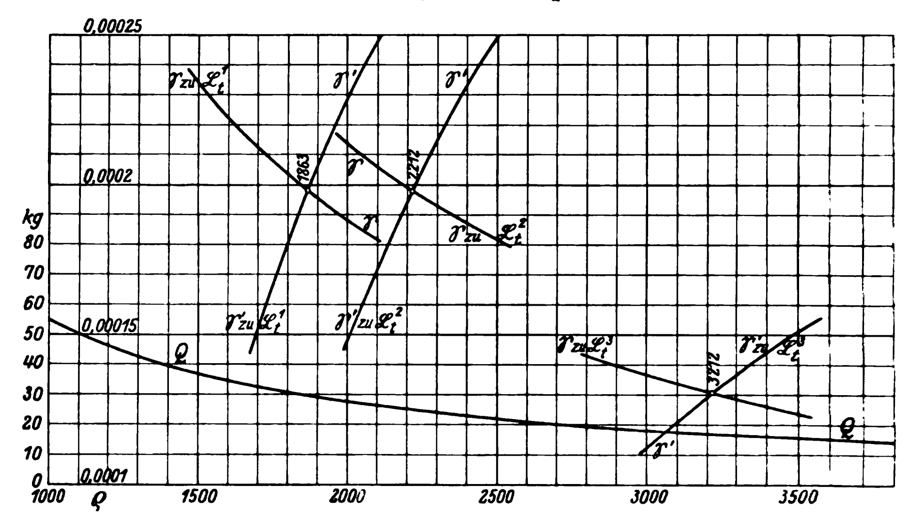


Abb. 5. Kräfte, die den Schlupf herbeiführen und Größe des Schlupfes.

mittleren Krümmungshalbmesser ϱ_1 durchlaufen, der sich aus $L_t^1 = \varrho_1 \cdot \alpha_1$ ergibt:

$\varrho_1 = \frac{1{,}136\,3005}{0{,}00080775} = 1407$ m. Wie die Abb. 4 zeigt, ist der Unterschied zwischen dem kleinsten Halbmesser ϱ (bei $\alpha = 0$) mit 1365 m und dem größten Halbmesser ϱ (bei $L_t^1 = 1{,}1363$m) mit 1497 m im Verhältnis zum mittleren Halbmesser während der ganzen Bewegung im ersten Wellenabschnitt L_t^1 genügend klein, um für die Berechnung des Schlupfes mit diesem mittleren Halbmesser zu rechnen, ohne merkbare Fehler aufkommen zu lassen.

In Abschnitt C ist durch Gleichung 24) der Schlupf auf 1 m Länge der Bewegung zu 0,000 004 4115 Q bestimmt. Der Schlupf auf die erste Teilstrecke L_t^1 beträgt deshalb $1{,}1363 \cdot 0{,}000\,004\,4115$ Q $= 0{,}000\,005\,0128$ Q. Für die verschiedensten ϱ wird nun das zugehörige Q berechnet. Aus den Gl. 23) und 24) werden $\mathfrak{S}$ und $\mathfrak{S}'$ bestimmt und in Abb. 5 über den Abszissen von ϱ die zugehörigen Werte von $\mathfrak{S}$ einerseits und $\mathfrak{S}'$ andererseits aufgetragen. Als Schnittpunkt der Linien, die die verschiedenen Werte von $\mathfrak{S}$ bzw. $\mathfrak{S}'$ verbinden, liefert die Abb. den Wert für $\varrho = 1863$ m, d. h. unter Einwirkung der Beschleunigungskräfte wird der erste Teilweg der Welle nicht mit dem Krümmungshalbmesser von 1407 m abrollen, wie sich oben für eine Bewegung der Achse ohne Beschleunigungseinwirkung ergab, sondern mit 1863 m. Der

Ablenkungswinkel α'_1 verkleinert sich dann von 0,000 807 75 auf 1,1363 : 1863 = 0,000 609 93 entsprechend 2′5″, 8.

Der größte Ausschlag y des Achsschwerpunktes aus der Gleismitte war 0,005 31003 m. Nach Abb. 6 ist AB = 1863 − 1863 cos α_1'. Den cos von 2′5″,8 mit 0,999 999 813 99 eingesetzt, liefert AB = 0,000 346 52. Der Ausschlag des Achsschwerpunktes aus Gleismitte y_1 hat sich mithin von 0,005 310 03 auf y_2 = 0,005 310 03 — 0,000 346 52 = 0,004 963 51 verringert — siehe Punkt Y_2, Abb. 4 —. Der Schnittpunkt der Senkrechten durch Y_2 — 49,6 mm Höhe der Ordinate — mit dem Ablenkungswinkel α_1' = 0,000 609 93, der im gewählten Maßstab mit 11,3 mm eingetragen ist, ergibt den Endpunkt A_2 der Wellenlinie für das erste Teilstück L_t^1 unter Einwirkung der Beschleunigungskräfte. Ein Kreis durch diesen Punkt A_2 mit dem Koordinatenanfangspunkt als Mittelpunkt liefert die Werte φ und α für die weitere Rechnung. Der Halbmesser dieses Kreises φ^2_{max} ist = 0,000 360 379 — Punkt Φ^2_{max} —. Zu dem y_2 = 0,004 9635 gehört ein φ_2 = 0,000 342 313 — Punkt Φ_2 —. Die zweite Teillänge der Wellenlinie L_t^2 beginnt bei dem oben bestimmten Ablenkungswinkel α'_1 = 0,000 609 93 — Punkt A_2 — und reicht bis zu einem um 0,000 807 75 größeren Winkel α_3 — Punkt A_3 — mit 0,000 609 93 + 0,000 807 75 = 0,001 417 68. Diesem α_3 entspricht ein φ_3 von 0,000 246 116, in der Abb. Φ_3 = 24,6 mm. Damit wird die zweite Teilstrecke

$$L_t^2 = 2{,}69266\left[\arccos\frac{0{,}000\,342\,3132}{0{,}000\,360\,379} - \arccos\frac{0{,}000\,246\,116}{0{,}000\,360\,379}\right] = 1{,}3491274 \text{ m}.$$

Bei der durchlaufenen Strecke von 1,349 m und dem Winkel α_2 = 0,000 807 75 wird der mittlere Krümmungshalbmesser ohne Berücksichtigung der Beschleunigungskräfte 1,349 : 0,000 807 75 = 1670 m. Der kleinste und größte Halbmesser ist nach der Abbildung 1459 und 2031 m. Der Schlupf S_{max} wie oben = 0,000 004 411 Q und $\mathfrak{S}$ = 1,349 . S_{max} = 0,000 005 95 Q.

Nach Berechnung mehrerer Werte für ϱ, Q, $\mathfrak{S}$ und $\mathfrak{S}'$ (Abb. 5) liegt der Schnittpunkt für den Krümmungshalbmesser ϱ unter Berücksichtigung der Beschleunigungskräfte bei 2212 m. Der Ablenkungswinkel α_2' ist mithin 1,349 : 2212 = 0,000 609 855.

Zur Weiterberechnung ist der neue Kreis (Ellipse) zu bestimmen sowie y, φ und α.

In Abb. 6 ist α'_1 = 0,000 609 93, α_2' = 0,000 609 855. y_3 = CD = CE − DE = 2212 (cos α_1' − cos [$\alpha_1' + \alpha_2'$]). Die Werte von cos α'_1 mit 0,999 999 813 99 und cos ($\alpha'_1 + \alpha'_2$) mit 0,999 999 256 07 eingesetzt, liefert eine Verschiebung des Achsschwerpunktes y von 0,001 234 119 m. Es verbleibt damit eine Verschiebung aus Gleismitte von y_3 = 0,004 963 51 − 0,001 234 119 = 0,003 729 39 m — siehe Punkt Y_3 der Abb. 4 —. Die Senkrechte durch Y_3 schneidet eine in der Entfernung ($\alpha_1' + \alpha_2'$) zur Abszissenachse gezogene Parallele im Punkt A_4. Dieser Punkt ist dann der Endpunkt für die Berechnung des Teilwellenstückes L_t^2 unter Einwirkung der Beschleunigungskräfte.

Ein Kreis durch diesen Punkt A_4 liefert die Werte für die weitere Rechnung. Zu y_3 = 0,003 729 38 gehört ein φ_4 = 0,000 257 195 und ein φ^3_{max} = 0,000 342 713. Siehe die Punkte Y_3 Abb. 4, sowie A_4, Φ_4 und Φ^3_{max}.

Für die Berechnung des dritten Teilstückes der Wellenlinie L_t^3 ist als Anfangswert φ_4 zu nehmen; als Endpunkt nehme ich φ_5 = 0,000 15 — in Abb. 4 ist dies 15 mm vom Koordinatenanfangspunkt. Nach Gl. 19) wird dann

$$L_t^3 = 2{,}69\,266 \Big/ \arccos\frac{\varphi}{\varphi_{max}} =$$

$$= 2{,}69266\left[-\arccos\frac{0{,}000\,257\,195}{0{,}000\,342\,713} + \arccos\frac{0{,}00015}{0{,}000\,342\,713}\right].$$

Der positive Wert liefert den Winkel 64° 2′ 35″,4, der negative 41° 22′ 8″,8; als Unterschied bleibt der Winkel 22° 40′ 26″,6 mit einem Bogen von 0,395 7369. Dies mal 2,692 66 gibt L_t^3 = 1,065 585 m.

Zu φ_5 — Punkt Φ_5 — gehört ein Winke α_5 — Punkt A_5 —, der sich nach Abb. 4 ergibt aus $(\varphi^3_{max})^2 - (\varphi_5)^2 = (\alpha_5)^2$. Dies ist 0,000 308 143 im Maßstab von φ, oder in der Größe der Winkel α = 0,000 308 143 . 5,38 532 = 0,001 659 45; diese Strecke ist $\Phi_5 A_5 = \alpha_5$. Da $\Phi_4 A_4$ = 0,001 219 785 = $\alpha_1' + \alpha_2'$ ist, wird α_3 = 0,001 659 45 − 0,001 219 785 = 0,000 439 665. Die Nachprüfung der Werte nach Gl. 17) $\frac{\varphi^2}{\varphi_{max}^2} + \frac{\alpha^2}{\alpha_{max}^2} = 1$ ergibt die Richtigkeit 0,808 433 + 0,191 567 = 1.

Der mittlere Krümmungshalbmesser der Schwerpunktsbahn wird ϱ = 1,065 585 : 0,000 439 665 = 2424 m.

Der Schlupf ist wie oben S_{max} = 0,000 004 4115 Q und nach Gl. 24) $\mathfrak{S}'$ = 1,065 585 . S_{max} = 0,000 004 7003 Q.

Durch die Berechnung mehrerer Werte für ϱ, Q, $\mathfrak{S}$ und $\mathfrak{S}'$ geben — Abb. 5 — die beiden Linienzüge $\mathfrak{S}$ und $\mathfrak{S}'$ als Schnittpunkt ϱ_3' = 3212 m. Der Ablenkungswinkel α_3' ist mithin 1,065 585 : 3212 = 0,000 331 7506.

Nach Abb. 6 ist

$$y = FG = FH - GH = 3212\,[\cos(\alpha_1' + \alpha_2') - \cos(\alpha_1' + \alpha_2' + \alpha_3')].$$

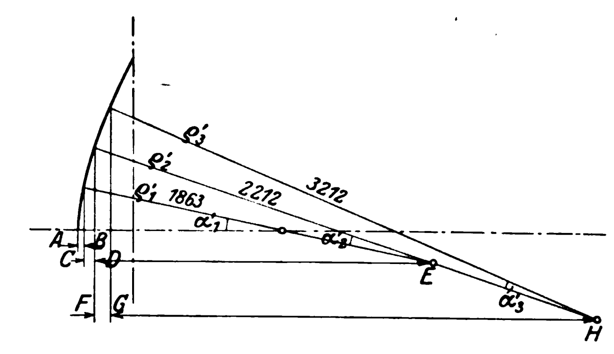


Abb. 6. Verschiebung des Achsschwerpunktes senkrecht zur Gleismittellinie vom größten Ausschlag bis zu 0.

Die Werte von cos ($\alpha_1' + \alpha_2'$) = 0,999 999 256 07 und cos ($\alpha_1' + \alpha_2' + \alpha_3'$) = 0,999 998 796 36 eingesetzt, gibt y_4 = 0,001 476 588. Es verbleibt eine Verschiebung aus Gleismitte von 0,003 729 39 − 0,001 476 59 = 0,002 528 m. Diesem y_4 — Punkt Y_4 der Abb. 4 — entspricht ein φ_6 — Punkt Φ_6 — von 0,000 155 3674. Der Kreis durch den Punkt A_6 — wie oben bei A_4 und A_2 ermittelt — liefert φ^4_{max} = 0,000 327 33 bei Punkt Φ^4_{max}. Aus diesen Werten ist die vierte und letzte Teilstrecke L_t^4 zu bestimmen. Sie ist

$$L_t^4 = 2{,}692\,66\left[\arccos\frac{0{,}000\,155\,3674}{0{,}000\,327\,33} + \arccos\frac{0}{0{,}000\,327\,33}\right] =$$

$$= 2{,}692\,66\left(\frac{\pi}{2} - \arccos 61^0\,39'\,48'',31\right) = 1{,}3317011 \text{ m}.$$

Für diese letzte Teilstrecke der Wellenlinie die Verlängerung durch die Einwirkung der Beschleunigungskräfte zu bestimmen ist nicht möglich, da die Krümmungshalbmesser der Bahn sich rasch dem Unendlichen nähern, wodurch gleichzeitig die den Schlupf herbeiführenden Kräfte Q außerordentlich klein werden. Der Versuch hierzu ist aber auch zwecklos, da infolge der großen Halbmesser ϱ der Bahn selbst eine wesentliche Vergrößerung von ϱ auf den Rest der Wellenlänge keinen nennenswerten Einfluß ausübt.

Als Gesamtergebnis vorstehender Rechnungen ergibt sich für die Viertelwellenlänge $L_t = L_t^1 + L_t^2 + L_t^3 + L_t^4$ = 1,136 30 + 1,349 13 + 1,065 59 + 1,331 70 = 4,882 72 und für die ganze Wellenlänge das Vierfache oder

L = 19,531 m.

Dieser Punkt ist mit einem Doppelkreis in Abb. 1 eingetragen und weicht von der aus den Versuchsfahrten sich ergebenden Mittellinie LW nur unbedeutend ab.

Der Unterschied erklärt sich daraus, daß bei Ermittlung der lebendigen Kräfte im Abschnitt B nicht berücksichtigt

sind die Massen des Drehgestells, das gegebenenfalls bei kleinem Krümmungshalbmesser ϱ der Schwerpunktsbahn der Achsen ebenfalls zu drehen ist. Rechnungsmäßig ergibt sich bei dem an dem Drehgestell festgestellten Spielraum von insgesamt 2,4 mm zwischen Achshaltern und Achsbüchsen und einem Abstand der Achshaltermitten von 1762 mm sowie einem Achsstand von 3600 mm der kleinste Halbmesser ϱ von Krümmungen, in denen die Achsen ihre Wellenlinien noch unbehindert durchlaufen können, zu $\varrho = \frac{1{,}762\,.\,3{,}600}{2\,.\,0{,}0024} = 1322$ m. Berücksichtigt man, daß der Spielraum von 2,4 mm dadurch erhöht wird, daß die Räder mit einer Kraft von Raddruck mal Reibungsbeiwert — 5500.0,2 bis 5000.0,16 — also 1100 bis 880 kg ihren Lauf nach den Gesetzen für ihre Bahn in Wellenlinien zu erzwingen suchen, so entstehen Formänderungen der Drehgestelle kleinster Werte bei Krümmungen mit Halbmessern unter 1322 m. Läßt diese Formänderung eine Vergrößerung oder Verkürzung der Achshalterabstände von 3600 mm um nur 0,24 mm zu, dann sind Krümmungshalbmesser ϱ von 1000 mm anstandslos zu durchlaufen. Dabei werden freilich die Räder mit ihren Hohlkehlen aufzulaufen versuchen, wodurch eine Verkürzung der Wellenlänge eintreten muß. Deutlich ist dies zu erkennen bei den Wellenlängen der Zusammenstellung unter den laufenden Nummern 4, 9, 16 und 31, die deshalb auch sämtlich unter der mittleren Linie LW liegen. Die laufende Nummer 17, bei der Krümmungshalbmesser bis 500 m herunter vorkommen, scheidet aus, da ein deutliches Verfolgen der Einflüsse dieser Krümmungen auf die Wellenlinie nicht mehr möglich ist. Dasselbe gilt von der laufenden Nummer 18. Bei beiden erscheinen überdies Zweifel berechtigt, ob die kilometrischen Angaben genau stimmen, da die Aufnahmen während des Anhaltens und Anfahrens auf dem im Umbau befindlichen Bahnhof Duisburg erfolgten.

B. Schlupf.

Die Frage, welchen Schlupf Beschleunigungs- und Verzögerungskräfte rasch rollender Räder auf den Schienen hervorrufen, soll an Hand des von Dr. Lorenz in der Z. d. V. D. I. Nr. 16 vom Jahre 1928 veröffentlichten Aufsatzes behandelt werden. Dabei gehe ich von dem Gedanken aus, daß bei Bewegung der Achse aus der Lage I in die Lage II (Abb. 7) die Achse mit Achsbüchsen, Lagern und Federn infolge des Schlupfes um den Winkel α_ξ gedreht wird. Unter der Annahme gleicher Achsbelastung legt das innere Rad einen kleineren, das äußere einen größeren Weg zurück. Der Unterschied zwischen diesen kleineren und größeren Wegstrecken und der mittleren Wegstrecke des Achsschwerpunktes muß $0{,}75\,.\,\alpha_\xi$ m sein, da die Laufkreise der beiden Räder 2.0,75 = 1,5 m voneinander entfernt rollen. Das äußere Rad nimmt an lebendiger Kraft um ebenso viel zu, als das innere Rad abnimmt. Ist v die Geschwindigkeit des Achsschwerpunktes, dann ist die Zunahme der lebendigen Kraft des Außenrades allgemein ausgedrückt $\frac{m\,v_1^2}{2} - \frac{m\,v^2}{2}$. Dabei sind zu berücksichtigen die umlaufenden Massen m_u und die pendelnden Massen m_p, unterteilt in die ebenfalls pendelnden, umlaufenden Massen m_s und die Massen der Federn und Achsbüchsen m_f. Für die umlaufenden Massen m_u sind 303 kg Gewicht des Rades (Radreifen und äußerer Radkörper) im Abstand von 45,5 cm vom Drehpunkt ermittelt; dazu die Masse m_s der Speichen und Nabe mit einem Abstand von 20 cm und 130 kg Gewicht. Hinzu kommen die gleichen Massen, die auch hin- und herpendeln m_p also 433 kg Gewicht und einem Abstand vom Pendelmittelpunkt (Achsschwerpunkt) = 75 cm, ferner die Masse m_w der bei den umlaufenden Massen nicht berücksichtigten Achswelle von 131 kg Gewicht mit einem Abstand = 49,5 cm, schließlich die Masse der Feder und Achsbüchse nebst Lager mit 102 kg Gewicht in einer Entfernung von 97,8 cm, da die Entfernung der Mitten der Achsschenkel und Federn 195,6 cm beträgt. Die Zunahme an lebendiger Kraft beträgt mithin

$$\frac{m_u}{2}(v_u^2 - v^2) + \frac{m_s}{2}(v_s^2 - v^2) + \frac{m_p}{2}(v_p^2 - v^2) +$$
$$+ \frac{m_w}{2}(v_w^2 - v^2) + \frac{m_f}{2}(v_f^2 - v^2).$$

Diese Zunahme an lebendiger Kraft erfordert eine äußere Kraft Q an den Schienen im Auflagerpunkt des Rades auf den Schienen, die am linken Rad in entgegengesetzter Richtung der Bewegung wirkt; beim rechten Rad wird die gleiche Abnahme an lebendiger Kraft durch eine in Richtung der Bewegung gleich große Kraft Q aufgezehrt. Die beiden starr verbundenen Räder halten dadurch das Gleichgewicht der inneren und äußeren Kräfte aufrecht. Diese Kraft Q erzeugt einen Schlupf, dessen Größe zu berechnen ist. Die Kraft der Schienen am Rad mal zurückgelegtem Weg muß gleich dieser Zunahme an lebendiger Kraft sein.

Die sämtlichen Rechnungen sind nachfolgend für eine Geschwindigkeit des Zuges von 100 km/Std. = 27,777 m/Sek. durchgeführt. Die Anfangsgeschwindigkeit im Laufkreis ist ebenfalls = 27,777 m/Sek. Die Zunahme an lebendiger Kraft Zm_u der umlaufenden Massen auf 1 m Bewegungsweg des Achsschwerpunktes beträgt dann, da $v_u^2 = v^2\left(1 + \frac{0{,}75}{\varrho_\xi}\right)^2$, worin ϱ_ξ der Krümmungshalbmesser der Bahn des Schwerpunktes ist,

$$Zm_u = \frac{m_u}{2}\left[v^2\left(1 + \frac{1{,}5}{\varrho_\xi} + \frac{0{,}75^2}{\varrho_\xi^2}\right) - v^2\right] = \frac{m_u}{2}v^2\left[\frac{1{,}5}{\varrho_\xi} + \frac{0{,}5625}{\varrho_\xi^2}\right].$$

Damit läßt sich für jeden Krümmungshalbmesser ϱ_ξ der Bahn der Wert Z bestimmen.

Um die lebendigen Kräfte nicht für die verschiedenen m_u, m_s usw. mit verschiedenen Entfernungen vom Angriffspunkt an den Schienen ermitteln zu müssen, werden diese Massenwirkungen auf den gemeinsamen Angriffspunkt an den Schienen zurückgeführt. Da die umlaufenden Massen m_u mit 303 kg in der Entfernung 45,5 cm von der Achswellenmittellinie wirkend gedacht werden können, andererseits die Gegenkraft an den Schienen in der Entfernung 50 cm von der gleichen Achswellenmittellinie angreift, muß die auf den Schienenangriffspunkt zurückgeführte Geschwindigkeit der Masse m_u mit $\frac{45{,}5}{50} = 0{,}91$ und v^2 mit 0,91.0,91 = 0,8281 vervielfältigt werden. Ebenso sind die andern Massen m_s, m_p, m_w und m_f entsprechend ihren Entfernungen vom Angriffspunkt an den Schienen umzurechnen. So ist v_s^2 zu vervielfältigen mit $\left(\frac{20}{50}\right)^2$, v_p mit $\left(\frac{75}{75}\right)^2$, v_w^2 mit $\left(\frac{49{,}5}{75}\right)^2$ und v_f^2 mit $\left(\frac{97{,}8}{75}\right)^2$.

Setzt man diese Werte für einen Halbmesser ϱ_ξ beispielsweise = 750 m ein, dann erhält man für die Zunahme an lebendiger Kraft

$$\Sigma Z_m = \frac{303}{2\,.\,9{,}81}\,.\,772\,.\,0{,}8281\,.\left(\frac{1{,}5}{750} + \frac{0{,}5625}{750\,.\,750}\right) +$$
$$+ \frac{130}{2\,.\,9{,}81}\,.\,772\,.\,0{,}16\,.\left(\frac{1{,}5}{750} + \frac{0{,}5625}{750\,.\,750}\right) +$$
$$+ \frac{433}{2\,.\,9{,}81}\,.\,772\,.\,1\,.\left(\frac{1{,}5}{750} + \frac{0{,}5625}{750\,.\,750}\right) +$$
$$+ \frac{131}{2\,.\,9{,}81}\,.\,772\,.\,0{,}43\,.\left(\frac{1{,}5}{750} + \frac{0{,}5625}{759\,.\,750}\right) +$$
$$+ \frac{102}{2\,.\,9{,}81}\,.\,772\,.\,1{,}69\,.\left(\frac{1{,}5}{750} + \frac{0{,}5625}{750\,.\,750}\right) =$$
$$= 19{,}7455 + 1{,}6368 + 34{,}0727 + 4{,}4844 + 13{,}5653 = 73{,}5 \text{ mkg}.$$

Da diese Zunahme an lebendiger Kraft auf einer Wegstrecke von 1 m erfolgt, ist die an den Schienen bei $\varrho_{\xi} = 750$ m angreifende Kraft Q =

$$\frac{73,5}{1}\ \frac{\text{mkg}}{\text{m}} = 73,5 \text{ kg}.$$

Für jeden anderen Krümmungshalbmesser — etwa $\varrho_{\xi 1}$ — ändert sich dieser Wert, läßt sich aber auf einfache Weise dadurch berechnen, daß man ihn mit dem Klammerausdruck $\left(\frac{1,5}{\varrho_{\xi 1}} + \frac{0,5625}{\varrho_{\xi 1}^2}\right) : \left(\frac{1,5}{\varrho_{\xi}} + \frac{0,5625}{\varrho_{\xi}^2}\right)$ vervielfältigt.

Der Wert der letzten Klammer für $\varrho_{\xi} = 750$ m ist 0,002001. Man erhält so z. B. für $\varrho_{\xi 1} = 1500$ m den Wert für die Zunahme an lebendiger Kraft

$$\frac{0,00100025}{0,002001} \cdot 73,5 = 36,74 \text{ mkg}.$$

C. Größe des Schlupfes.

Von den Gleichungen, die Dr. Lorenz in dem Z. d. V. D. I. Nr. 6 vom Jahre 1928, Seite 173 entwickelt hat, werden zur Berechnung des Schlupfes der Räder auf den Schienen nachfolgende benutzt:

Gl. 39b) . . $S_{max} = 2,42 \frac{q_o}{G}$, $q_o = \nu \cdot p_o$, $\nu = \frac{Q}{P}$ und

Gl. 46a) . . . . . . $p_o = 0,49 \sqrt{\frac{P \cdot E}{l \cdot r}}$, dann ist

$$S_{max} = 2,42 \cdot 0,49 \cdot \sqrt{\frac{P \cdot E}{l \cdot r}} \cdot \frac{Q}{G}.$$

Werden hierin die Werte eingesetzt, die in der Zusammenstellung der in diesem Aufsatz verwendeten Zeichen angegeben sind, also Raddruck P = 5500 kg, E = 2200000, G = 850000 und r = 50 cm, wird ferner für l, das hier, wie bei Lorenz, die Auflagebreite des Rades auf den Schienen bedeutet, nicht das l der Zusammenstellung ist, der Wert = 0,8 angenommen, dann wird

Gl. 22) . . . . . $S_{max} = 0,000004412$ Q.

Diesen Wert l = 0,8 habe ich unter der Annahme des Schienenprofils 15 c mit 200 mm Halbmesser des Schienenkopfes ermittelt, wobei der Wert b in dem Lorenzschen Aufsatz = 0,63 wird, im übrigen hier ohne Bedeutung ist.

Läßt sich nach vorstehendem unter B für jeden Krümmungshalbmesser ϱ der Bahn die an den Schienen auftretende und auf die Räder wirkende Kraft Q berechnen und daraus nach Gl. 22) die Größe des entstehenden Schlupfes der Räder auf den Schienen ermitteln, dann läßt sich auch die Änderung der Bahn des Achsschwerpunktes und die Verlängerung der Wellenlinie bestimmen.

In Abb. 7 bezeichnet ϱ^o den Krümmungshalbmesser der Bahn ohne Einwirkung beschleunigender Kräfte — also zu Beginn der Bewegung —, ϱ^u unter Wirkung dieser Kräfte bei einer bestimmten Geschwindigkeit, α^o und α^u die zugehörigen Bogenwinkel, die der Halbmesser ϱ^o und ϱ^u durchläuft, B die Wellenlänge des Bahnschwerpunktes, A die Bahn des äußeren Rades, wobei B^o, B^u, A^o und A^u sich auf die Bahnen ohne und unter Berücksichtigung des Schlupfes wie bei ϱ^o und ϱ^u beziehen. Es läßt sich nunmehr folgern:

1. $\varrho^o \cdot \alpha^o = B^o$. Daß $B^o = B^u$ ist, folgt aus der im Abschnitt A gemachten Annahme gleicher Belastung der beiden Räder und der dort entwickelten Vorstellung, daß das eine Rad genau so viel an lebendiger Kraft abgibt, als das zugehörige andere Rad aufnimmt.

2. $A^o = (\varrho^o + 0,75) \cdot \alpha^o$, worin 0,75 die halbe Entfernung der Laufkreise beider Räder ist.

3. $A^u = A^o (\mp) \mathfrak{S}$. Dies bedeutet, die Länge der Bahn des außen rollenden Rades ist unter Einwirkung der beschleunigenden Kräfte gleich der Länge der Bahn ohne deren Wirkung vermindert (oder vermehrt) um den Schlupf $\mathfrak{S}$ den die Zunahme (oder Abnahme) an lebendiger Kraft bewirkt. Da ferner $\varrho^u \cdot \alpha^u = \varrho^o \cdot \alpha^o$ sein muß, erhält man $\varrho^u \cdot \alpha^u + 0,75\ \alpha^u = A^u$ und

$$\varrho^u \cdot \alpha^u + 0,75\ \alpha^u = A^u = A^o - \mathfrak{S}$$
$$\varrho^o \cdot \alpha^o + 0,75\ \alpha^u = \varrho^o \cdot \alpha^o + 0,75\ \alpha^o - \mathfrak{S}$$
$$\alpha^u = \alpha^o - \frac{\mathfrak{S}}{0,75} \text{ oder}$$

Gl. 23) . . . . . . $\mathfrak{S} = 0,75\ (\alpha^o - \alpha^u)$.

In Gl. 22) ist $S_{max} = 0,000004412$ Q bestimmt und zwar in m je m zurückgelegten Weges des Achsschwerpunktes. Die Kraft Q hängt von der Winkelbewegung der Achsmittellinie und damit von der Geschwindigkeit dieser Bewegung ab. Für eine bestimmte Länge der Bahn Lt in m wird daher der in m gemessene Schlupf

Gl. 24) . . . . . $\mathfrak{S}' = L_t \cdot 0,000004412$ Q.

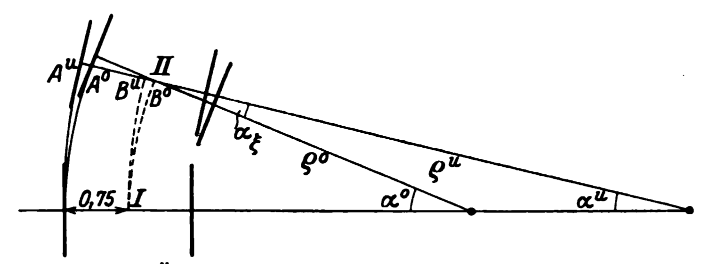


Abb. 7. Änderung der Lage der Achsmittellinie durch Beschleunigungskräfte bei deren Drehung.

Da andererseits nach Gl. 23) $\mathfrak{S} = 0,75\ (\alpha^o - \alpha^u)$ sein muß, ist derjenige Wert zu ermitteln, dem beide Gleichungen entsprechen. Führt man die Rechnungen für die verschiedensten Krümmungsradien ϱ durch, dann erhält man für Q, das bei $\varrho = 750$ m 73,5 kg beträgt, bei zunehmendem ϱ sinkende Werte. Dadurch wird der Schlupf $\mathfrak{S}'$ ebenfalls geringer, während nach Gl. 23) $\mathfrak{S}$ wächst. Trägt man einige Werte für G. 23) und Gl. 24) auf und zieht die beiden Linienzüge für die Gleichungen, dann erfüllt der Schnittpunkt beider Linienzüge beide Gleichungen. (Siehe Abb. 5.)

Abschnitt III.

Folgerungen aus der Rechnung.

Vorschläge der letzten Jahre, die Abnutzung der Schienen und Radreifen zu verringern und gleichzeitig den Lauf der Fahrzeuge zu verbessern, gehen dahin die Radreifen nicht mehr kegelförmig, sondern walzenförmig zu gestalten und außerdem die Spurerweiterung — insbesondere in Krümmungen — aufzugeben. Beides halte ich für verhängnisvolle Fehler.

Der Lauf der Eisenbahnfahrzeuge ist kraftschlüssig. Bei dem Bau hat man, meiner Überzeugung nach, bewußt eine Form der Radreifen gewählt, die möglichst lange auch nach Benutzung die gleichen Laufbedingungen ermöglicht. Würde man die Kegelform durch eine Walzenform ersetzen, dann entstände in verhältnismäßig kurzer Zeit zwischen Spurkranz und Außenkante Radreifen eine Höhlung bei dem mittleren Laufkreis der Räder, die ein scharfes Aufschlagen des Rades in Herzstücken zur Folge hätte.

An Lokomotiven tritt bekanntlich bei den Treibachsen diese Aushöhlung besonders scharf auf. Grund hierfür ist die zwangsläufig festgelegte Bewegung der Einzelräder auf den Schienen mit einer Geschwindigkeit, die nicht dem Rollkreis entspricht, der jeweils im Berührungspunkt des Rades größer oder kleiner ist, als die durch die Kuppelstangen erzwungene Geschwindigkeit. Der zweite Grund, der mich veranlaßt in

diesem Zusammenhang überhaupt von Lokomotiven zu sprechen, liegt in der Breite der Lokomotivradreifen mit 140 mm, die eine gleichmäßige Abnutzung der ganzen Radreifenbreite verhindert, wiederum mitbegünstigt durch die zwangsläufige Einstellung der gekuppelten Achsen durch die Steifachsigkeit im Rahmen. Diese Breite der Lokomotivradreifen zu verringern, verbietet die hierdurch zu befürchtende größere Entgleisungsgefahr. Dem Wunsch die Wagenradreifen zu verbreitern um die Entgleisungsgefahr der Wagen zu verringern, muß nach den Erfahrungen an Lokomotiven entschieden widersprochen werden. Bei einer Vergrößerung der Radreifenbreite müßte auch der Schienenkopf verbreitert werden, was von vornherein der Kosten wegen ausscheidet.

Man könnte vielleicht auf den Gedanken kommen, die Radreifen von einer Breite von 127 mm ab — gemessen von Innenkante Radreifen — nach außen mit einer größeren Neigung als 1:10 abzudrehen, um bei größerer Radreifenbreite als 130 mm eine günstigere Gesamtabnutzung zu erhalten. Dem stehen indessen berechtigte Bedenken entgegen, da bei glatten Flächen Neigungen von 1:7 ein Abgleiten der Reifen von den Schienen ermöglichen, wo keine entgegenstehenden Seitenkräfte wirken oder gar zusätzliche Kräfte in Richtung des Abgleitens auftreten. Eine Verbesserungsmöglichkeit auf diesem Wege scheint also nicht gegeben. Der ebenfalls ausgesprochene Gedanke, den äußeren Teil des Spurkranzes nach der Anlauffläche der Schienenseitenkanten hin nicht mit 27° Neigung abzudrehen sondern sogar senkrecht zu gestalten, um an Stelle der kraftschlüssigen eine halbzwangsläufige Führung zu erreichen, kann ernstlich nicht weiter verfolgt werden, da an Weichenzungen, Herzstücken und Gleiskreuzungen nicht nur die Zwangsläufigkeit — im Sinne der wagrechten Führung — aufgehoben würde, sondern Gefahrpunkte erster Ordnung entständen. Ein weiterer Nachteil walzenförmiger Radreifen besteht in der bisher wenig betonten Tatsache, daß bei Achsen dieser Form sich das eine Rad schneller abnutzen wird, wie das andere. Ganz genau können die Räder einer Achse nicht auf denselben Rollkreis abgedreht werden, so daß die Achse immer nach der Seite des kleineren Rollkreises anlaufen und schließlich scharf laufen muß. Wären selbst die Rollkreise beider Räder mathematisch gesehen gleich, dann muß sich das Rad aus weniger widerstandsfähigem Baustoff schneller abnutzen wie das andere zugehörige Rad so daß das Scharflaufen beginnen muß.

Der Bau der Drehgestelle vierachsiger Personenwagen hat, sei es auf dem Wege gefühlsmäßiger Versuchsausführungen, sei es als Folge wissenschaftlicher Erkenntnisse, Wiegevorrichtungen geschaffen, die teilweise den Achsen den freien Lauf in Wellenlinien ermöglichen, ohne den Wagen selbst allzusehr in die Seitenverschiebungen mit hineinzuzwingen. Die Schwingenpendel dieser Wiegevorrichtungen sind in der Mittellage etwa 1:5 gegen die Senkrechte geneigt. Die richtige Neigung 1:20 anzuwenden, verbietet die Bauart selbst, bei der bereits nach 28 mm Seitenverschiebung ein Schwingenpendel senkrecht steht. Erstrebenswert ist, durch eine Auflaufkrümmung die Verschiebung der einzelnen Achse so zu gestalten, daß die Neigung 1:20 dauernd gleich bleibt. Statt der jetzt durch die Bauart erzielten wachsenden Rückstellkraft müßte eine möglichst gleichbleibende Rückstellkraft geschaffen werden, um die Rückführung der Achsen in die Mittellage zwar dauernd zu fördern, andererseits aber den freien Lauf der Achsen in der Wellenlinie nicht zu behindern.

Wenn in meinen Rechnungen nur von den Wellenlinien einer Achse gesprochen wird, so drängt sich die Frage auf, ob denn diese eine Achse die Schlingerbewegungen der Drehgestelle allein herbeiführt. Das ist natürlich nicht der Fall. Denkbar wäre, daß jede Achse ihre eigenen Wellenlinien durchläuft. So könnte — nimmt man zunächst an — die zweite Achse gerade an der rechten Schienenkante anlaufen, während die erste Achse links anläuft. Das ist indessen wegen des geringen Spielraumes von 2,4 mm zwischen Achshalter und Achsbüchse nicht möglich; denn er genügt gerade, um bei der Höchstseitenverschiebung der Achse aus der Gleismitte in Höhe der Schienen gemessen um $\frac{11}{2} = 5{,}5$ mm den aus der Kegelneigung sich ergebenden Krümmungshalbmesser der Bahn von 1329 m zu durchlaufen. Ein Gegenbeweis könnte nur aus Versuchen erbracht werden, die genaue Aufzeichnungen über die Bewegung der Drehgestelle über die Wellenlinie von 16,9 m bei beginnender Fahrt und 20 m bei Geschwindigkeiten von 100 km/Std. zum Ziel haben. Die gleichen Versuche würden auch darüber Klarheit schaffen, ob meine Annahme über die Bewegung der Drehgestelle zutrifft und — abweichend von derjenigen zweiachsiger Wagen — durch die Lage des Drehpunktes hinter der ersten und vor der zweiten Achse so zu denken ist, daß die vordere Achse durch Schieben vom Druckpunkt (Drehpfanne des Drehgestells) ungehinderter ihre Wellenlinien auslaufen kann wie die zweite Achse, die teilweise durch die Drehgestelleinstellung gelenkt sich den Bahnen der ersten Achse angleichen muß. Dabei wird keineswegs von mir übersehen, daß auch die zweite Achse infolge ihrer Verbindung mit den Federn durch die Hängeeisen als geschoben betrachtet werden kann. Der Unterschied ist indessen der, daß die vordere Achse das Drehgestell auf ihre Bahn einstellt, während die hintere Achse durch diese Einstellung beeinflußt wird. Die Folge davon ist, daß die hintere Achse nacheilend in Wellenlinien kleinere Wellenhöhe (y der Rechnung) läuft. Daß durch die Gleislage — selbst durch ganz geringe Längenausbiegungen einer Schiene — Störungen in dem Verlauf der Wellenlinien auftreten, zeigen deutlich die Aufnahmebilder der Schlingerbewegungen auf der Tafel 37.

Da man m. E. weder auf die Kegelform der Räder, noch auf den Spielraum der Achsen im geraden Gleis, noch weniger in den Krümmungen verzichten kann, wäre eine Versuchsanordnung von höchstem Wert, die zwangsläufig beide Achsen bei Abweichungen aus der parallelen Lage in die gleiche Neigung entgegengesetzt einstellt. Das würde bedeuten, daß der Drehpunkt des Drehgestells bei größter Abweichung der ersten Achse nach rechts, die die zweite Achse zur größten Abweichung nach links einstellt, unabhängig von den Seitenbewegungen der Achsen dauernd in seiner Mittellage bliebe. Die Schlingerbewegungen der Wagen fielen dann fort, soweit sie nicht aus mangelhafter Gleislage entstehen. Der Übelstand, daß solche Drehgestelle beim Einlauf in Krümmungen nicht voll befriedigen, müßte in Kauf genommen werden, zumal dieser Mangel wohl kaum größer wäre wie zur Zeit. Ob die Beweglichkeit des Drehgestells, wenn Schwingenpendel wie oben vorgeschlagen, verwendet werden, allein genügt, um möglichst ruhigen Lauf der Wagen zu erreichen oder ob ein zwangsläufig herbeigeführter entgegengesetzter Ausschlag der beiden Achsen besser wirkt, läßt sich nur durch Versuche feststellen, die auch notwendig wären, um die Bau- und Betriebskosten der beiden Bauarten zu ermitteln.

Auswertung der Versuchsergebnisse.

Die eingehende Auswertung der Uraufzeichnungen der Tafel 37 über die Schlingerbewegungen in dem Schlußwagen des Versuchszuges mit Görlitzer Drehgestellen dürfte um so berechtigter an dieser Stelle sein, als ein Teil meiner Folgerungen sich auf meine vorstehenden Untersuchungen über den Wellenlinienlauf der Drehgestelle stützt.

Um die ergänzenden Angaben der Zusammenstellung mit denen der Anlage schnell vergleichen zu können, sind die laufenden Nummern der Zusammenstellung in die linke Ecke der Einzelabschnitte der Tafel 37 eingetragen. Ferner sind

nach genauen Streckenplänen vorkommende Krümmungen als Rechts- oder Links-Krümmung eingezeichnet und schließlich aus dem ursprünglichen Papierband mit Bahnhofs- und Kilometerangaben die Grenzen von einem Kilometer durch Querlinien z. B. bei lfdr. Nr. 2 mit 66,78 bis 65,78 festgelegt. Bei lfdr. Nr. 2 und ebenso bei 24 vor Friedrichsfeld sind an Stelle der ursprünglichen während der Fahrt gemessenen Geschwindigkeiten durch Mitteln die wahrscheinlichen mittleren Geschwindigkeiten auf den 1 km langen Strecken eingetragen. Bei einzelnen Krümmungen wie bei lfde. Nr. 4, 6, 9, 19 und 31 sind die Grenzen der Strecken statt auf 1 km auf die Krümmungen abgestellt. Die Nummern 1 bis 4 sind als zusammenhängendes Bild der Uraufnahmen des Papierstreifens übernommen, während im übrigen nur Einzelausschnitte wiedergegeben sind.

Vergleicht man nunmehr die in Spalte 6 der Zusammenstellung angegebenen Unterscheidungsmerkmale „kleine, mittlere und große Ausschläge", die ich nicht nach ihrer absoluten Größe, sondern in Abhängigkeit von der Zuggeschwindigkeit zu werten versucht habe mit dem in Spalte 7 angegebenen Alter des gelegten Oberbaues, so findet man bei den lfde. Nr. 1, 2, 4, 9, 10, 15, 19, 24 und 26 kleine Ausschläge, also bei dem Oberbau der letzten acht Jahre ruhigen Lauf. Man wäre versucht anzunehmen, daß mit dem Alter des Oberbaues der Wagenlauf stets unruhiger würde. Das trifft aber keineswegs allgemein zu. Das beweisen die lfde. Nr. 13, 20 und 31. Durch gute Unterhaltung läßt sich hiernach selbst bei Oberbau von über 17 Jahren ein ruhiger Wagenlauf erreichen. Daß andererseits nicht das Alter allein, sondern in der Hauptsache die Streckenbelegung mit Zügen hoher Geschwindigkeiten und großer Lasten und Raddrücke entscheidend ist, bedarf kaum der Erwähnung. Im vorliegenden Fall beziehen sich die Vergleiche mit Ausnahme der lfde. Nr. 15 bis 19 auf die Strecke Elten—Oberhausen, wo fast die gleichen Belastungen der Einzelabschnitte vorliegen. In der Krümmung — lfde. Nr. 4 — zeigen sich bei Halbmessern bis 500 m herunter und einer Geschwindigkeit von 93 km/Std. kleinste Schlingerwellen, die indessen unregelmäßig sind, da sie wegen des kleinen Halbmessers sich nicht unbehindert auslaufen können.

Lfde. Nr. 6 dagegen zeigt bei einem Halbmesser von 1120 m ziemlich freie Bewegung, was auch bei lfde. Nr. 7 mit 1440 m zutrifft. Lfde. Nr. 9 mit 56 km Geschwindigkeit zeigt größere Bewegungsfreiheit wie die über lfdr. Nr 1 liegende Strecke bei 57 km Geschwindigkeit, zweifellos wegen der Spurerweiterung in der Krümmung mit 900 m Halbmesser. Die lfde. Nr. 10 und 15 zeigen bei gleichen Geschwindigkeiten und gleichen Krümmungshalbmessern von 1500 m kaum bemerkbare Unterschiede. Lfde. Nr. 12 deutet auf schlechte Gleislage, weniger 13 und 14. Nummer 19 läßt bei 1500 m Krümmungshalbmesser freien Wellenlauf aufkommen, während bei 25 in der ersten Krümmung von 1500 m Halbmesser und 58 km Geschwindigkeit deutlich eine schlechte Gleislage sich kennzeichnet, ebenso wie beim Einlauf in die dritte Krümmung von 1000 m Halbmesser. Selbst bei 31 kann sich die Wellenlinie trotz des Halbmessers von 1120 m und einer Geschwindigkeit von 103 km/Std. verhältnismäßig gut auslaufen.

Übereinstimmend beweisen alle Aufnahmen in Krümmungen bei hohen Geschwindigkeiten die praktische Betriebserfahrung, daß nach dem Einlaufen in den Krümmungen selbst die Schlingerwellen klein sind, was so zu erklären sein dürfte, daß die umlaufenden Massen der Räder sich zwar an die äußeren Schienen zunächst anzulehnen suchen, im übrigen aber wegen der Spurerweiterung ihre Wellenlinien nach der inneren Schiene hin frei auslaufen können, während gleichzeitig die Wagenmassen infolge der Fliehkräfte das Drehgestell ebenfalls nach der äußeren Schiene drängen und

Zusammenstellung der Wellenlängen, Geschwindigkeiten und Gleisverhältnisse.

Lfde. Nr.	Geschwindigkeit km/Std.	Zahl der Ausschläge auf 1000 m	Länge der Welle in m	Krümmungshalbmesser und Länge der Krümmung	Größe der Ausschläge kl = klein, m = mittel gr = groß	Jahr der Gleislegung
1	2	3	4	5	6	7
Elten—Oberhausen.						
1	43	59	17	$\frac{1270/1340}{1000}$	kl	1923
2	73	56	17,85	—	kl	1923
3	88	55	18,2	—	m	1922
4	93	$\frac{19}{350}$ *)	18,5	$\frac{830/1175/500}{350}$	kl	1922
5	95	54	18,5	—	m	1922/26
6	101	$\frac{28}{580}$	20,8	$\frac{1120}{580}$	m	1912
7	103	51	19,6	$\frac{1440}{227}$	m	1921
8	105	49	20,4	—	m	1920
9	56	$\frac{27^1/_2}{480}$	17,2	$\frac{900}{480}$	kl	1924
10	72	56	17,8	$\frac{1500}{462}$	kl	1920
11	89	51	19,6	—	m	1915
12	91	51	19,6	—	m	1924
13	95	56	17,8	—	kl	1911
14	96	52	19,2	—	m	1910
Oberhausen—Düsseldorf.						
15	72	58	17,2	$\frac{1500}{675}$	kl	1925
16	47	60	16,7	$\frac{760/1000/730}{420}$	m	1921/22
Düsseldorf—Oberhausen.						
17	40	58	17,2	$\frac{550/750/500/1200/1000}{195\ 45\ 20\ 30\ 40}$	gr	1919
18	38	59	17	$\frac{375/600}{125\ 345}$	m	1921
19	84	$\frac{39}{700}$	17,9	$\frac{1500}{600}$	kl	1926
Oberhausen—Emmerich.						
20	72	54	18,5	—	kl	1912
21	90	51	19,5	—	m	1914
22	100	$47^1/_2$	20,6	—	gr	1913
23	105	46	21,8	—	gr	1912
24	97	52	19,2	$\frac{1500}{480}$	kl	1926
25	58	56	17,8	$\frac{1100/1100/1000/900}{95\ 55\ 105\ 480}$	m	1920
26	76	53	18,8	—	kl	1920
27	94	51	19,6	—	m	1916
28	98	51	19,6	—	m	1917
29	102	51	19,6	—	m	1920
30	104	47	21,2	—	m	1913
31	103	$\frac{30}{580}$	19,3	$\frac{1120}{580}$	kl	1914
32	91	50	20	—	m	1912

*) $\frac{19}{350}$ bedeutet: 19 Ausschläge auf 350 m.



dadurch die Höhe der Wellenlinie, also den Ausschlag beschränken.

Zum Schluß möchte ich auf die Unterschiede hinweisen, die neue Schienen mit runden Köpfen und abgenutzte Schienen mit flachen Köpfen nach meinen oben erwähnten Untersuchungen auf die Wellenlänge der Schlingerbewegungen ausüben. Beim Anfahren müssen sich kürzere Wellenlängen als 16,92 m bei flachen Schienenköpfen dadurch ergeben, daß die Räder mit ihren Hohlkehlen mehr oder weniger auflaufen und mit einem kleineren Krümmungshalbmesser der Schwerpunktsbahn die Wellenlinie durchlaufen und die Wellenlänge infolgedessen verkürzen. Bei neuen Schienen dagegen laufen die Räder nicht in der Hohlkehle auf, sondern können nur seitlich an die Schienen anlaufen, wodurch merkliche Änderungen der Wellenlängen nicht aufkommen dürften. Auch in dieser Richtung einfachste Versuche anzustellen, trüge in dankenswerter Weise zum Gesamturteil über die Fragen des ruhigen Wagenlaufs entscheidend bei.

Übergangsbögen in Korbbögen*).

Von Reichsbahnrat **Wilhelm Leisner**, Würzburg.

Über die Absteckung von Übergangsbögen in Korbbögen ist in den Heften früherer Jahrgänge dieser Zeitschrift schon viel geschrieben worden. Dabei wurde angestrebt, diesen Gegenstand der Absteckungskunst möglichst zu vereinfachen und ihn in handgerechten und zeitsparenden Formeln darzustellen.

Da nach Ansicht des Verfassers dieses Ziel in einer für den Praktiker befriedigenden Weise bisher nicht erreicht wurde, glaubt er die Zahl der Untersuchungen um eine weitere vermehren zu sollen. Gleichzeitig hofft er aber, daß seine Untersuchung eine abschließende sei und daß sie ferner auch dem weniger gut Geschulten die für die Absteckungen gewünschten leicht zu handhabenden Behelfe bieten möge.

Den Anlaß zu der Untersuchung gab der § 10,2 der Obv. der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft vom 1. Januar 1928, der den Ersatz kurzer Zwischengeraden zwischen Bögen gleichen Sinnes durch flache Bögen empfiehlt und demgemäß Übergangsbögen zwischen diesen „flachen" Bögen und den anschließenden Bögen nötig machen wird.

Für die Bildung eines allgemeinen Urteils über den behandelten Gegenstand dürfte es von Vorteil sein, die bisherigen Vorschläge für die Absteckung von Übergangsbögen in Korbbögen kennen zu lernen. Nachstehend seien daher zuerst einige der früheren Untersuchungen und deren Ergebnisse kurz beschrieben und im Anschluß daran die eigenen Verfahren entwickelt.

I. Überblick über die älteren Verfahren**).

a) Herr Ing. O. Bunzel***) befaßt sich in seinem Aufsatze näher mit der Lage des Übergangsbogens zum ursprünglichen Berührungspunkte der beiden Kreisbögen des Korbbogens. Er führt den Nachweis, daß die Verbindungslinie der Krümmungsmittelpunkte für zwei Punkte der Übergangsparabel das zwischen diesen Punkten liegende Parabelstück halbiert und daß deshalb der Übergangsbogen $B_1 B_2$ (Abb. 1) je zur Hälfte in den Bereich der Kreisbögen K_1 und K_2 eingreift. Als Länge λ des Übergangsbogens gibt er den Unterschied in den Längen der Übergangsbögen für den Anschluß der Kreisbögen K_1 und K_2 an die Geraden an. Die Gleichung des Übergangsbogens in Bezug auf den Kreisbogen K_1 mit B_1 als Anfang lautet bei ihm:

$$\eta = \xi^3 : 6\,C \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{Gl. 10)}$$

wo $C = l r = \lambda \varrho$ und $\varrho = \frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2}$ ist.

Die η sind von B_1 aus in Richtung der X-Achse die ξ vom Kreisbogen K_1 aus in Richtung der Y-Achse zu messen. „Da die Winkel (δ) stets klein sind, dürfen die Längen ξ auf dem Kreis K_1 (von B_1 aus), die Höhen η rechtwinklig zum Kreise gemessen werden". Bunzel gibt durch diese Darf-Anweisung die richtige Lösung für die Absteckung. Die zur Einlegung eines Übergangsbogens notwendige Verschiebung μ der Kreisbögen des Korbbogens entnimmt er der Gl. 10) durch Vergleich mit der Gleichung für gewöhnliche Übergangsbögen $y = x^3 : 6\,C$,. Darnach wird

$$\mu = \lambda^3 : 24\,C = \lambda^3 : 24 \,.\, \lambda \frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2} \quad . \quad . \quad . \quad \text{Gl. 12)}$$

Die Werte μ stellt Bunzel in einer Tabelle für verschiedene Größen von C und λ zusammen.

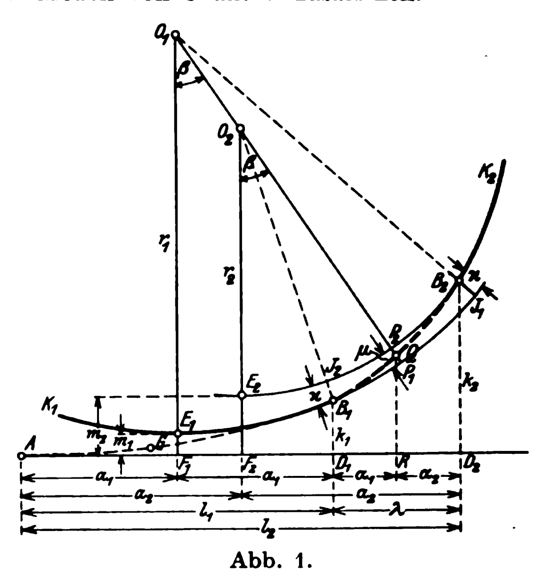


Abb. 1.

Für den Fall, daß bei nachträglicher Einlegung eines Übergangsbogens die Halbmesser des Korbbogens unverändert bleiben sollen, gibt er ein einfaches Verfahren für die Bestimmung der Verschiebungsrichtungen und -Größen der beiden Kreisbögen des Korbbogens; Abb. 2 veranschaulicht dieses Verfahren.

Es wird, wenn

$$\mu = \mu_1 + \mu_2 \text{ ist,}$$
$$\mu_1 = P_1' N = PN \operatorname{tg} \varphi_1$$
$$\mu_2 = P_2' N = PN \operatorname{tg} \varphi_2.$$

Abweichend von der Ansicht des Herrn Bunzel ist jedoch zu sagen, daß die Verschiebung μ_1 nach außen nicht an die Bedingung $r_1 > r_2$ geknüpft ist, sondern, daß sich vielmehr die Verschiebungsrichtungen für die Kreisbögen ohne weiteres umkehren lassen.

Nach Bunzel ist mit den Werten der Gl. 10) abzustecken und zwar entweder vom Kreisbogen K_1 aus, oder von der Berührenden an diesen Kreis aus mit Punkt B_1 als Berührungspunkt (Abb. 1); dabei wären den Ordinaten des Kreises K_1 die Werte der Gl. 10) hinzuzufügen.

Das von Herrn Bunzel entwickelte Verfahren ist in der Entwicklung sehr übersichtlich. Die Anwendung auf deutsche Verhältnisse wäre möglich, wenn die unveränderlichen Fest-

**) Bemerkung: Die in diesem Abschnitte gebrachten Abbildungen und Bezeichnungen sind den genannten Aufsätzen entnommen.

***) Übergangsbogen in Korbbogen, Organ 1918, Heft 14, S. 213.

werte C der Zusammenstellung I im Aufsatze von Bunzel durch $C = l, r = \frac{8 v^2 n}{1000}$ ersetzt würden. Zur Berechnung der Ordinaten der Übergangsbogenpunkte wären dann die Gleichungen 2), 12) und 10) des Aufsatzes zu benützen. Nicht einfach ist aber das Zusammenfügen von Ordinaten aus verschiedenen Koordinatensystemen, was meist in Frage kommt, da eine Absteckung von einem in der Natur festliegenden Kreis K_1 aus nur selten möglich sein wird.

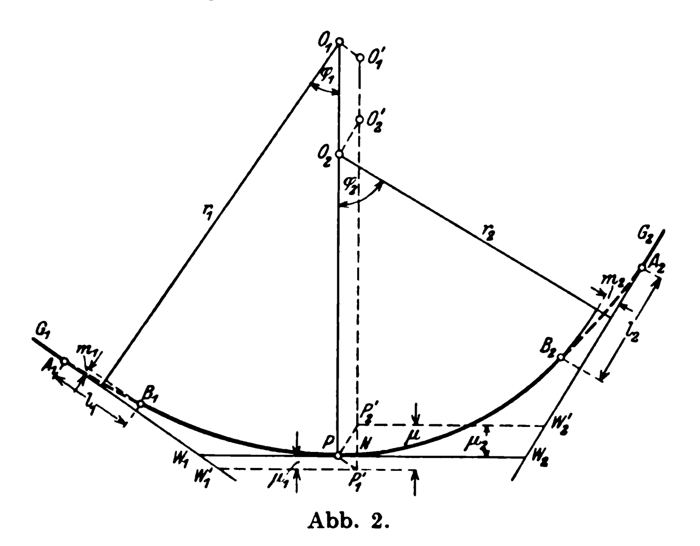


Abb. 2.

b) Herr Dr. Ing. Schreiber*) nimmt die Lage des Übergangsbogens wie Bunzel, jedoch ohne nähere Begründung an. Die Länge des Übergangsbogens leitet er nicht aus fahrtechnischen Bedürfnissen, wie Überhöhung und Überhöhungsrampe ab, sondern aus der in Abb. 3 ersichtlichen

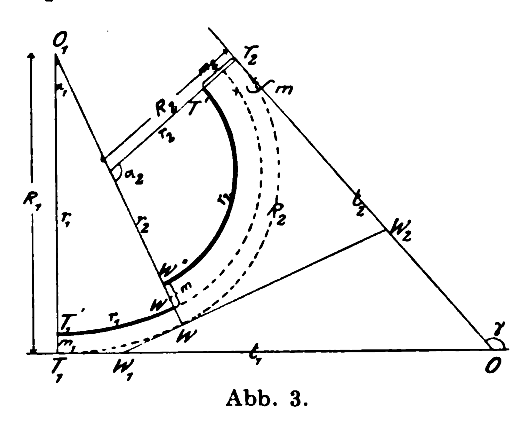


Abb. 3.

geometrischen Beziehung $m = m_2 - m_1$ für die Bogenverschiebung. Diese ist aber keine Notwendigkeit. Man braucht sich in Abb 3 nur die Kreisbögen r_1 und r_2 als geschlossene bei W′ W″ durch einen Übergangsbogen zu verbindende Gleisschleife vorzustellen, um zu erkennen, daß die Bogenverschiebung m und die von Bunzel daraus entwickelte Länge des Übergangsbogens

$$l^2 = \frac{(r_1 l_2^2 - r_2 l_1^2)}{r_1 - r_2} \quad \ldots\ldots \text{Gl. 13)}$$

mit den Bogenverschiebungen m_1 und m_2 der Kreisbögen r_1 und r_2 nichts zu tun hat (siehe auch Abb. 2).

Die Gleichung für den Übergangsbogen lautet bei Schreiber in Bezug auf die U U′-Achse der Abb. 4

$$y = \frac{x^2}{4}\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right) + 4 m \left(\frac{x}{l}\right)^3 \quad \ldots\ldots \text{Gl. 17)}$$

*) Übergangsbögen in den Wechseln der Korbbögen, Organ 1921, Heft 2, S. 13.

Diese Gleichung entsteht aus einer Gl. 16), deren Herleitung nur angedeutet ist. Die Gleichungen 16) und 17) sind daher nicht ganz verständlich, da die Form der Gl. 17) nämlich besser der Achse A V_1 in Abb. 4 entsprechen würde, als der U U′-Achse.

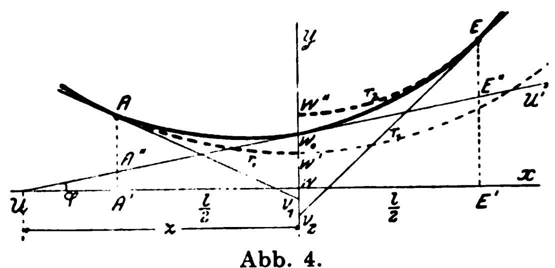


Abb. 4.

Nach Schreiber ist mit den Werten der neun im Aufsatze vermerkten Gleichungen 22) auf die U U′-Achse gemäß Abb. 4 und 5 abzustecken. Die Gleichungen 22) haben die übersichtliche allgemeine Form $y = A m_1 + B m_2$, wo A und B die den Achtelspunkten der Absteckungslänge entsprechenden Konstanten bedeuten.

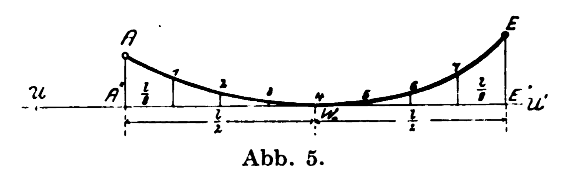


Abb. 5.

Wie schon angedeutet, sind die Untersuchungen von Schreiber nicht ganz durchsichtig. Von Bedeutung ist aber, daß er feststellt, daß ein beliebiger Krümmungskreis r_1 (Abb. 4) als X-Achse betrachtet (mit Punkt A als Koordinatenanfang) nach dem Mittelpunkte gerichtete Höhen $y = 4 m \left(\frac{x}{l}\right)^3$ für den Übergangsbogen A E hat. Die abgeleiteten Formeln für die Ordinaten des Übergangsbogens sind an sich handgerecht, doch wird man der Berechnung der Längen der Übergangsbögen auf welche sich diese Formeln stützen, nicht ohne weiteres zustimmen können. Nach Schreiber ist nämlich der Übergangsbogen im Korbbogen nach der Formel $l^2 = \frac{r_1 l_2^2 - r_2 l_1^2}{r_1 - r_2}$ zu berechnen und daher stets länger als der längere der Übergangsbögen für den Anschluß der Kreisbögen r_1 und r_2 an die Geraden. Dadurch ergeben sich aber, da zwischen zwei Bögen viel geringere Höhenunterschiede, als zwischen Geraden und Bögen zu überwinden sind, unnötig flache Überhöhungsrampen. Diese sind zwar erwünscht, aber nicht begründet, wenn in Regelfällen steilere angewendet werden dürfen. Von diesem Standpunkt aus muß das von Schreiber ermittelte Verfahren als zu starr angesehen werden: es fehlt die Angabe darüber, wie die Gleichungen 22) umzuwandeln wären, wenn man mit Mindestmaßen für einen Übergangsbogen auszukommen hätte.

c) Herr Oberingenieur R. Grünhut*) liefert in seinem Aufsatze ein beachtenswertes Verfahren für die Absteckung der Übergangsbögen in Korbbögen. Es stützt sich darauf, daß zwei Kreisbögen r_1 und r_2 (Abb. 6) auf Grund der Parabeleigenschaften dann durch einen Übergangsbogen verbunden werden können, wenn die Berührungspunkte ihrer mit der X-Achse gleichlaufenden Tangenten um $\triangle x = \frac{l_2 - l_1}{2}$ und um $\triangle y = m_2 - m_1$ verschoben sind. Diese Bedingungen scheinen über die Forderungen des Herrn Dr. Ing. Schreiber noch wesentlich hinauszugehen. Denn außer der gleichen Querverschiebung der Kreisbögen wie bei Schreiber, wird

*) Übergang in Korbbogen, Organ 1921, Heft 23, S. 280.

auch noch eine erhebliche Längsverschiebung verlangt. Dies aber nur scheinbar. Denn ebenso wie der Bogen r_2 in Abb. 6 von UE_2 nach BE_2 weitergeführt ist, könnte man auch den Kreisbogen r_1 von UE_1 gegen UE_2 weiterführen. An der Stelle, wo die Verbindungslinie der Kreismittelpunkte $C_1 C_2$ die Kreisbögen r_1 und r_2 schneidet, hätten diese dann einen geringsten Abstand. Wäre er gleich Null, so würden sich die Kreisbögen r_1 und r_2 auf der Verbindungslinie $C_1 C_2$ im ursprünglichen Berührungspunkte berühren. Die richtige Bemessung dieses Abstandes allein muß daher maßgebend sein für die Einlegung eines Übergangsbogens von UE_1 bis UE_2. Herr Grünhut spricht sich nun über die Lage des ursprünglichen Berührungspunktes nicht weiter aus; es kann aber nicht angenommen werden, daß er ihn im Falle nachträglicher Einlegung von Übergangsbögen an die Stelle $x = \frac{1}{2}$ verlegt wissen will, da dies die nachträgliche, gewöhnlich sehr erhebliche gegenseitige Längsverschiebung der beiden Bögen r_1 und r_2 um $\triangle x = \frac{l_2 - l_1}{2}$ bedingen würde. Es muß vielmehr geschlossen werden, daß Grünhut das Verfahren zur Absteckung von Neuanlagen vorschlägt, wo derartig große Verschiebungen schon im Entwurfe mit berücksichtigt werden können.

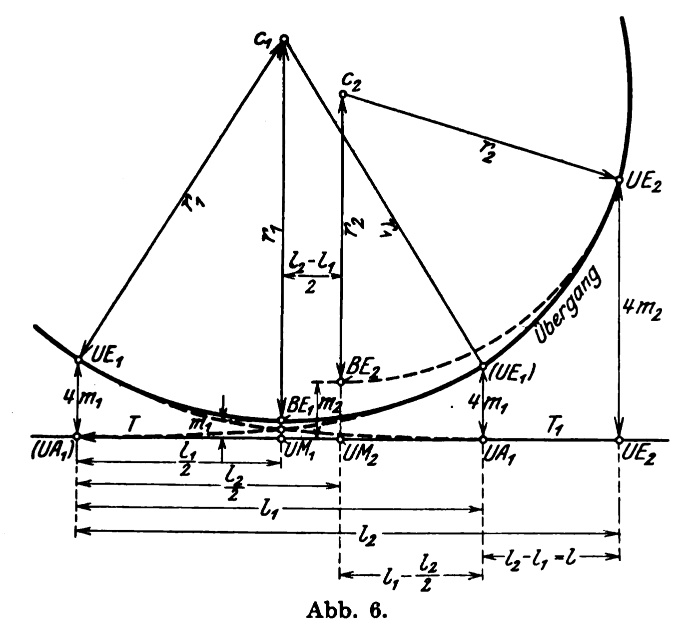


Abb. 6.

d) Herr Oberlandmesser Max Höfer*) führt seine Untersuchungen über den Übergangsbogen auf Grund der Evolventeneigenschaften dieses Bogens. Höfer ermittelt die Bogenverschiebung mit

$$m = \frac{l^2}{24} \cdot \frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2} \text{ Gl. 5) wie Bunzel.}$$

Er bezeichnet es als naheliegend die Länge des Stückes einer Übergangsparabel als Übergangsbogenlänge zu wählen, das an den Enden die Krümmungen $\frac{1}{r_1}$ und $\frac{1}{r_2}$ wie die zu verbindenden Kreise r_1 und r_2 und dementsprechend die Länge $l = l_2 - l_1$ hat. Wo Vorschriften die freie Ermittlung der Übergangsbogenlänge l nicht gestatten, sondern für gewisse Halbmesserbereiche Längenstufen vorgeschrieben sind, wäre vorher der zu l gehörende Halbmesser aus der Bedingung $r = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 - r_2}$ Gl. 8) zu bestimmen. Die Lage des Übergangsbogens ergibt sich wie bei Bunzel und Schreiber hälftig im Bereiche der Bögen r_1 und r_2, jedoch aus geometrischen Beziehungen. Die Aufstellung einer Gleichung für den Übergangsbogen kann sich Höfer sparen; er bestimmt die Evolventen der Übergangsparabel in Bezug auf die Kreisbögen r_1 und r_2 zeichnerisch (Abb. 7) und zählt zu diesen die entsprechenden auf die gemeinsame Berührende in Punkt W (Abb. 8) bezogenen Ordinaten des Kreisbogens r_1 bzw. die des Kreisbogens r_2.

*) Übergang zwischen Teilen von Korbbogen, Organ 1921, Heft 23, S. 298.

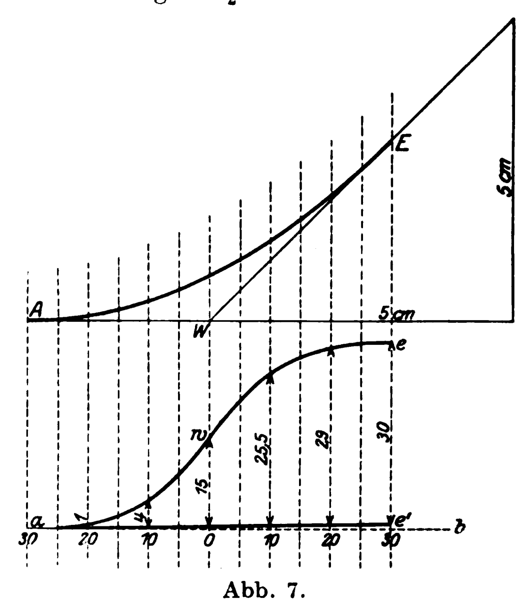


Abb. 7.

Abzustecken ist daher auf die Gerade $W_1 W_2$, d. h. auf die Tangente in Punkt W an den Korbbogen (Abb. 8), mit teils rechnerisch, teils zeichnerisch ermittelten Ordinaten.

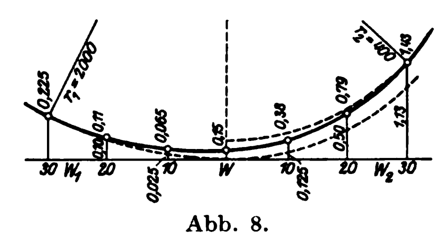


Abb. 8.

Das entwickelte Verfahren stellt eine brauchbare Lösung dar, erfordert aber das Studium der nicht ganz einfachen Theorie der Evolventen, die allerdings wegen ihrer Wichtigkeit jedem Absteckbeamten vertraut sein sollte. Einfach kann die zeichnerische Ermittlung der Teilordinaten und die Berechnung der Gesamtordinaten nicht genannt werden. Wie Höfer selbst hervorhebt, entstehen ferner bei schärfer gekrümmten Bögen Fehler, die nach Beendigung des Baues nach dem strengen Ausgleichverfahren von Nalenz beseitigt werden müssen. Wo die Grenzen der Genauigkeit liegen, gibt Höfer nicht an.

Im Taschenbuch Sarrazin-Oberbeck-Höfer der Ausgabe vom Jahr 1929 erscheint das Höfersche Verfahren wesentlich verbessert; besonders ist die zeichnerische Ermittlung von Absteckungsgrößen nicht mehr notwendig. Das Verfahren in der neuen Form zeigt das gleiche Ergebnis wie die Untersuchungen von Bunzel, aber auch deren Nachteile.

II. Entwicklung zweier neuer Verfahren.

Von den beiden in nachstehenden Untersuchungen begründeten Absteckungsverfahren stützt sich das eine wie bei Höfer auf die Zulässigkeit Bogenpunkte flacher Krümmungen mit Evolventen, d. h. mit den Längen der Abwicklungswege dieser Bogenpunkte bei Abwicklung der Krümmung auf die Absteckungsachse abzustecken, das andere auf bekannte bei



der Herstellung gewöhnlicher Übergangsbögen allgemein verwendete geometrische Beziehungen.

a) 1. Verfahren: Absteckung des Übergangsbogens mit Evolventen, ausgehend entweder von einer Tangente an die Parabel oder von einer Tangente an den Korbbogen.

1. Die Länge l_0 des Übergangsbogens.

Die Oberbauvorschriften der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft bringen in Anlage 10 eine Tabelle von Maßen zur Absteckung der Übergangsbögen für die Überleitung der Kreisbögen in die Geraden. Die vorgeschriebenen Längen l der Übergangsbögen sind auf volle 10 m aufgerundet. Die für sie vorgesehenen Überhöhungsrampen verflachen sich mit fortschreitender Geschwindigkeit und bei Halbmessern über 1000 m bei der gleichbleibenden Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h auch mit wachsenden Halbmessern. Die Längen l sind Regellängen, doch dürfen in Anpassung an die in Frage kommenden höchsten Geschwindigkeiten auch Übergangsbögen von geringerer Länge und steileren Rampen unter Verwendung von Mindestrampenneigungsverhältnissen angewendet werden.

Demnach ermöglichen die Vorschriften die freie Ermittlung der Übergangsbogenlängen aus Überhöhungen und Rampenneigungen und damit die Wahl der nach den örtlichen Verhältnissen jeweils geeignetsten und möglichen Formen für die Übergangsbögen.

Es dürfte keinem Zweifel unterliegen, dass diese Grundsätze auch bei der Längenbestimmung der Übergangsbögen in Korbbögen angewendet werden können und daß für diese Übergangsbögen auch nur die derzeit oder die etwa künftig zu berücksichtigenden Höchstgeschwindigkeiten mit den für sie geltenden oder zulässigen Rampenneigungsverhältnissen in Betracht zu ziehen sind. Daraus würde folgen, daß die Länge eines Übergangsbogens auch unabhängig von seiner Gestalt aus den Überhöhungsunterschieden der durch den Übergangsbogen zu verbindenden Kreisbögen r_1 und r_2 und aus einem geeigneten Rampenneigungsverhältnis bestimmt werden kann zu

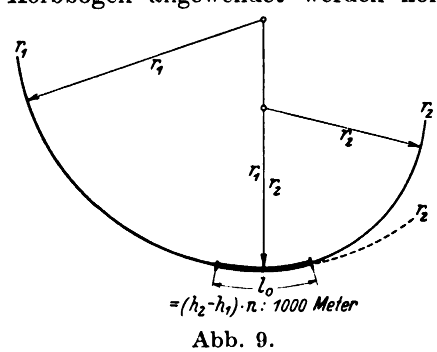


Abb. 9.

$$l_0 = (h_2 - h_1)\, n : 1000 \text{ (Meter)},$$

wenn man den Überhöhungsunterschied in Millimeter mit $h_2 - h_1$ und die Rampenneigung mit 1:n bezeichnet (Abb. 9).

Man betrachtet jedoch die Übergangsbogenlänge l_0 besser im Zusammenhange mit der Länge des Übergangsbogens für den schärfer gekrümmten Kreisbogen r_2, da die Länge l_0 als Teil dieses Übergangsbogens für den Anschluß an die Gerade ermittelt werden kann.

Die Gleichung des Übergangsbogens für den Kreisbogen r_2 lautet wie bekannt

$$\text{Gl. 1)} \quad y = \frac{x^3}{6\, l_2 r_2} \quad \text{oder mit} \quad f_2 = \frac{l_2^2}{24\, r_2}$$

$$\text{Gl. 2)} \quad y = 4\, f_2 \left(\frac{x}{l_2}\right)^3.$$

Die Krümmungshalbmesser dieses Übergangsbogens ändern sich für $x = 0$ bis $x = l_2$ von $\varrho = \infty$ bis $\varrho = r_2$ stetig. An beliebiger Stelle $x = l_1$ ist der Krümmungshalbmesser $\varrho = r_1$. Das zwischen den Punkten $x = l_1$ und $x = l_2$ liegende Parabelstück kann daher, da an jeder Stelle des Übergangsbogens die der Krümmung entsprechende Gleisüberhöhung vorhanden ist, den Übergang zwischen den Kreisbögen r_1 und r_2 vermitteln. Seine Länge beträgt $l_0 = l_2 - l_1$; in dieser Gleichung wäre die Unbekannte l_1 als dem zweiten bekannten Halbmesser r_1 zugehörig aus Gl. 1) zu bestimmen. Mit der Näherungsgleichung für die Krümmung in einem Parabelpunkte

$$\frac{1}{\varrho} = \frac{1}{\frac{d^2 y}{dx^2}} = \frac{x}{l_2 \cdot r_2} \quad \text{wird}$$

$$\text{für } x = l_1 \qquad \frac{1}{r_1} = \frac{l_1}{l_2 r_2} \quad \text{und damit}$$

$$\text{Gl. 3)} \quad l_1 = \frac{r_2}{r_1}\, l_2$$

Somit ergibt sich die für die Überwindung des Unterschiedes in den Überhöhungen der Kreisbögen r_1 und r_2 erforderliche Entwicklungslänge l_0 der Übergangsparabel zu

$$\text{Gl. 4)} \quad l_0 = l_2 - l_1 = l_2 - \frac{r_2}{r_1}\, l_2.$$

2. Die Verschiebung f_0 der den Korbbogen bildenden Kreisbögen r_1 und r_2.

Zum besseren Verständnis der späteren Ableitung der Gleichung für den Übergangsbogen sei die im Aufsatze von Höfer ähnlich durchgeführte Berechnung der Bogenverschiebung f_0 ausführlicher vorgenommen. Die Grundlage für die Berechnung bildet die Betrachtung des Abwicklungsweges des Parabelendpunktes C″ (Abb. 10), der bei der Abwicklung auf eine den Korbbogen und die Parabel in Punkt A berührende X-Achse beschrieben wird. Die Evolventen E der Kreispunkte der Kreise r_1 und r_2, die sich in Punkt B berühren, sind für beliebige, diese Kreisbögen berührende Achsen.

$$E_{r_1} = \frac{x^2}{2\, r_1} = \frac{x}{2} \cdot \frac{x}{r_1}$$

und

$$E_{r_2} = \frac{x^2}{2\, r_2} = \frac{x}{2} \cdot \frac{x}{r_2}.$$

Für eine beliebige Abwicklungsstrecke x wären sie daher darstellbar als die Inhalte der Dreiecke A G F_1 und A G F_2 der Abb. 11. Der Abwicklungsweg C‴ C′ des Punktes C‴ in Abb. 10 ist also gleich dem Inhalte des Dreieckes A C′ D_1 in Abb. 11, der Abwicklungsweg C C‴ des Punktes C des Korbbogens gleich dem Inhalte des Dreieckes B D_1 C und der Weg C C′ gleich der Summe dieser Wege, also gleich der Fläche A C′ C″ B, wobei zu bemerken ist, daß in Abb. 10 die Abwicklungswege verzerrt erscheinen. An sich müßte die Bogenlänge A C″ gleich l_0 sein.

Verschiebt man nun in Abb. 10 den Bogenteil B C des in Punkt B gehälfteten Korbbogens um das Maß f_0 in die Lage B″ C″ und verbindet den Punkt C″ mit dem Punkt A durch eine Parabel dritten Grades in Bezug auf die Kreise r_1 und r_2, so lassen die schraffierten Teile der Abb. 10 erkennen, daß sich die Abwicklungswege der Parabelpunkte bis zur Stelle B″ B in Bezug auf die Wege der Kreispunkte des Kreisbogens r_1 von A bis B stetig vergrößern und in Bezug auf die Wege der Kreispunkte des Kreisbogens r_2 von B″ bis C″ stetig verkleinern. Dies drückt sich in der Darstellung der Evolventen als Flächen in Abb. 11 durch die schraffierten Flächen A B B″ und B B″ C″ aus, die nach oben von einer Parabel zweiten Grades begrenzt werden, wobei diese Parabel A B″ C″ die Geraden A B und B C, welche die Krümmungen der Kreise r_1 und r_2 kennzeichnen, berührt. Der Weg des Parabelendpunktes C″ hat daher die Flächengröße A C′ C″ B″ und da der Abwicklungsweg C C′ gleich der Fläche A C′ C″ B war, so ist C″ C′ − C C′ = C″ C = f_0 mithin gleich der Größe der schraffierten Fläche A B C B″ in Abb. 11. Die nähere Begründung über die Darstellung der Evolventen als Flächen findet sich in dem bekannten Buch von Max Höfer.

Der Inhalt J der schraffierten Fläche A B C B'' beträgt $J = f_0 = \frac{2}{3} \cdot h$; damit erhält man, weil nach Abb. 11 $h = BB''$ und daher $D_1 D_2 = 8\,h = \frac{l_0}{r_2} - \frac{l_0}{r_1}$ ist, die Bogenverschiebung des Kreises r_1 gegen den Kreis r_2 zu

Gl. 5) . . $f_0 = \frac{l_0}{3} \cdot \frac{l_0}{8} \cdot \frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2} = \frac{l_0^2}{24} \cdot \frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2}$.

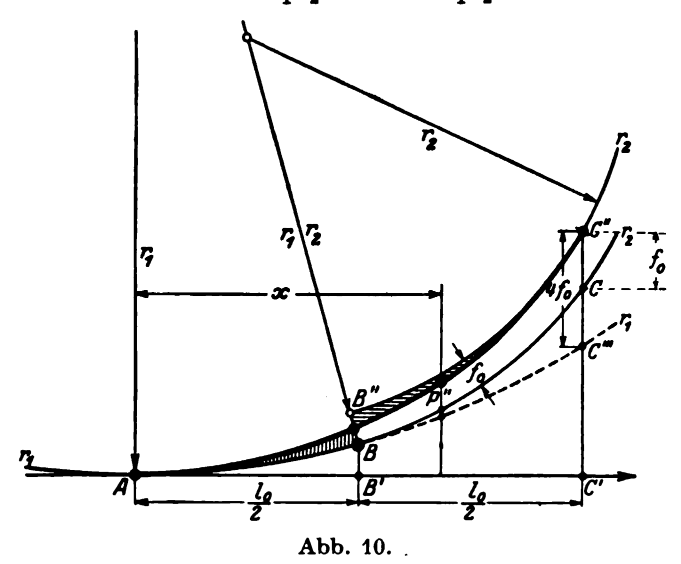


Abb. 10.

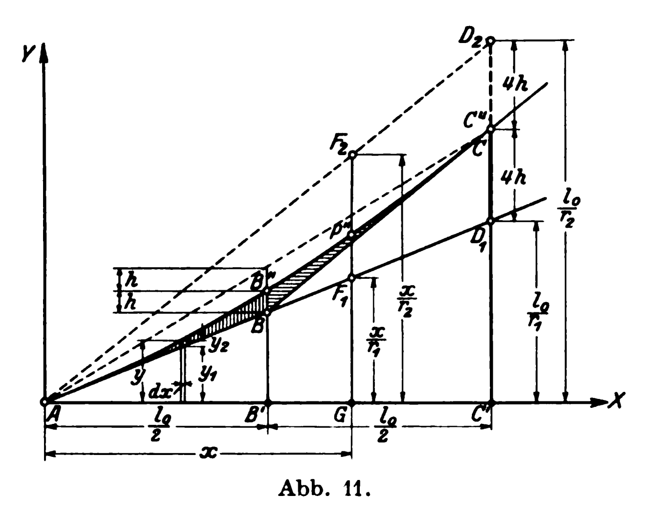


Abb. 11.

3. Die Ableitung der Gleichung des Übergangsbogens als Gleichung für die Evolventen der Parabelpunkte.

Die für die Punkte C''', C und C'' der Abb. 10 angestellten Betrachtungen gelten für jeden beliebigen Punkt der Parabel im Abstande x vom Nullpunkt der X-Achse. Zum Beispiel ließe sich für den Punkt P'' in Abb. 11 der Abwicklungsweg aus dem Inhalt des Dreieckes A G F_1 und aus dem Inhalt der Fläche A F_1 P'' zusammensetzen, also aus zwei Flächen, von welchen die eine nach oben durch die Gerade A F_1

Gl. 6) . . . . $y_1 = \frac{x}{r_1}$,

die andere durch eine Parabel zweiten Grades abgegrenzt ist. Von der Form dieser Begrenzungslinien hängen die Inhalte der Flächen, welche die Evolventengrößen bestimmen, ab. Denkt man sich die Gerade A D_1 in Abb. 11 als X-Achse eines schiefwinkligen Koordinatensystems, so lautet die Gleichung der Parabel A B'' C''

Gl. 7) . . . . $x^2 = 2\,p\,y_2$.

Der Parameter p ergibt sich aus der Lage des Punktes C'' an der Stelle $x = l_0$ und $y_2 = 4\,h$. Daher wird $2\,p = \frac{l_0^2}{4\,h}$. Mit $8\,h = \frac{l_0}{r_2} - \frac{l_0}{r_1} = l_0 \frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2}$ lautet also die Gleichung dieser Parabel A B'' C'' zweiten Grades mit den bekannten Größen l_0, r_1 und r_2

$$x^2 = \frac{l_0^2}{4} \cdot \frac{8 \cdot r_1 \cdot r_2}{l_0 (r_1 - r_2)}\, y_2 \text{ oder}$$

Gl. 8) . . . . . $y_2 = \frac{4\,l_0}{8\,l_0^2} \cdot \frac{(r_1 - r_2)}{r_1 r_2} \cdot x^2$.

Mit den Gleichungen 6) und 8) für die Begrenzungslinien lassen sich nun die Inhalte der Teilflächen durch Integration bestimmen:

Das Differential der Evolvente eines Kreispunktes des Kreises r_1 bei der Abwicklung auf die X-Achse der Abb. 10 möge d E_1 sein, das eines Parabelpunktes bei der Abwicklung auf diesen Kreis d E_2.

Als Flächendifferentiale ergeben sich dann mit Benutzung der Abb. 11

$$d\,E_1 = dx \cdot y_1 \text{ und } d\,E_2 = dx \cdot y_2, \text{ woraus}$$
$$d\,E_1 + d\,E_2 = dx\,(y_1 + y_2) = d\,E \text{ folgt.}$$

Da die Ordinaten y gleich den Evolventen E gesetzt werden, so ergibt sich nach Integration der Gleichung 6) für y_1 und 8) für y_2 mit

$$\int y_1\,dx = \frac{x^2}{2\,r_1} \text{ und}$$
$$\int y_2\,dx = \frac{4}{8} \frac{l_0}{l_0^2} \cdot \frac{(r_1 - r_2)}{r_1 r_2} \cdot \frac{x^3}{3}$$

allgemein

$y = \frac{x^2}{2\,r_1} + \frac{4}{8} \cdot \frac{l_0}{l_0^2} \cdot \frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2} \cdot \frac{x^3}{3}$ oder mit $f_0 = \frac{l_0^2}{24} \cdot \frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2}$ nach Multiplikation des zweiten Summanden mit $\frac{l_0}{l_0}$

Gl. 9) . . . . . . $y = \frac{x^2}{2\,r_1} + 4\,f_0 \left(\frac{x}{l_0}\right)^3$.

Diese Gleichung läßt die Art ihrer Herleitung, die Zusammensetzung der Abwicklungswege y aus den Teilabwicklungsstrecken deutlich erkennen. Das erste Glied bemißt die Abwicklungsstrecken der Punkte des Kreisbogens r_1 bei der Abwicklung auf eine Gerade, das zweite Glied die Abwicklungsstrecken der Parabelpunkte bei Abwicklung auf den Kreisbogen r_1. Der Vergleich des zweiten Gliedes mit der allgemeinen Gleichung für die Parabel $y = 4\,f_2 \left(\frac{x}{l_2}\right)^3$ besagt weiter, daß sich der Kreisbogen r_1, auf den abgewickelt wurde, zum Kreisbogen r_2 auf die Länge l_0 geometrisch ebenso verhält, wie die X-Achse zum Kreisbogen r_2 auf die Länge l_2. Demnach tritt unter den üblichen Annahmen wie bei gewöhnlichen Übergangsbögen der kleinste Abstand, den die Bögen r_1 und r_2 voneinander haben, an der Stelle $x = \frac{l_0}{2}$ auf und beträgt f_0, der größte Abstand an der Stelle $x = l_0$ und beträgt $4\,f_0$ (siehe Abb. 10 und 14; in Abb. 10 verzerrt); dies läßt sich auch rechnerisch leicht feststellen. Ferner müssen die auf den Kreisbogen r_1 bezogenen Ordinaten (Evolventen) des Parabelstückes A B'' C'', wie auch Dr. Ing. Schreiber feststellt, nach dem Mittelpunkt dieses Kreisbogens gerichtet sein.

Allgemein gilt daher: Die Gleichung eines Teilstückes der Parabel $y = 4\,f_2 \left(\frac{x}{l_2}\right)^3$ mit den Krümmungen $\frac{1}{r_1}$ und $\frac{1}{r_2}$ an den Enden und der Länge l_0

lautet in Bezug auf die an die Parabel im Punkte mit der Krümmung $\frac{1}{r_1}$ gelegte Tangente

Gl. 9) . . . . . . $y = \frac{x^2}{2 r_1} + 4 f_0 \left(\frac{x}{l_0}\right)^3$.

Dies gilt auch für die im Nullpunkt der Parabel gezogene Tangente, d. h. für die X-Achse, denn wird $r_1 = \infty$ und $l_0 = l_2$, so erhält man die Gleichung $y = 4 f_2 \left(\frac{x}{l_2}\right)^3$, da $\frac{x^2}{2 r_1} = 0$ wird. Hiervon kann man sich auch überzeugen, wenn man die Parabelgleichung, wie unter II, 3 beschrieben, aus der Gleichung $x^2 = 2 p y_2$ (Gl. 7) ableitet. Wenn nämlich mit Bezug auf Abb. 11 die Gerade AD_1 die Beziehung $\frac{x}{\infty}$ und die Gerade BC die Beziehung $\frac{x}{r_2}$ darstellt, so ist, da $l_0 = l_2$ wird,

$4h = \frac{l_2}{2 r_2}$ und $2p = \frac{l_2^2}{4h}$, womit $y_2 = \frac{x^2}{2p} = \frac{x^2}{l_2^2} \cdot 4h = \frac{x^2}{l_2^2} \cdot \frac{l_2}{2 r_2}$ wird.

Durch Integration dieser Gleichung findet man dann

$$y_2 = \frac{x^3}{3.2} \cdot \frac{l_2}{l_2^2 r_2} = \frac{x^3}{6 l_2 r_2} = 4 f_2 \left(\frac{x}{l_2}\right)^3.$$

Auf Grund dieser Feststellungen kann man die Gl. 9) auch als Polargleichung mit dem Krümmungsmittelpunkt des Krümmungskreises r_1 als Pol (0_1 in Abb. 12) und dem Krümmungshalbmesser r_1 als Polarachse schreiben

Gl. 10) . . . . . . $r = r_1 - 4 f_0 \left(\frac{\varphi}{l_0}\right)^3$,

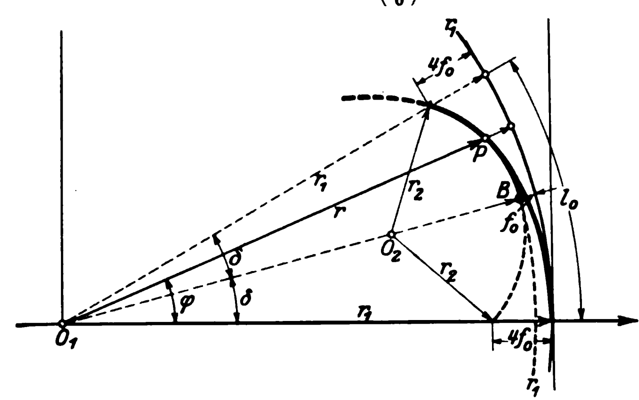


Abb. 12.

weil dabei das erste Glied der Gl. 9 unberücksichtigt bleiben und das zweite Glied auf dem Kreis r_1 senkrecht stehende Ordinaten darstellen kann.

Die ermittelten allgemeinen Eigenschaften treten dann noch deutlicher in Erscheinung. Abb. 12 zeigt auch, daß bei einem Übergangsbogen die Untersuchungslänge l_0 im Rahmen der Länge l_2 des Übergangsbogens für den Kreisbogen r_2 beliebig geändert werden kann, entweder durch Betrachtung neuer Halbmesser oder durch die Änderung der Länge l_0 selbst.

Wichtig ist festzustellen, daß die Gleichungen 9) und 10) über die gegenseitige Lage zweier Kreisbögen r_1 und r_2, die auch durch eine Parabel dritten Grades von der Länge l_0 verbunden sind, völlige Klarheit schaffen und die Absteckung dieser Parabel von einer Tangente aus so einfach gestalten, wie die Absteckung der mit $\varrho = \infty$ beginnenden Parabel von der X-Achse aus.

Es muß auffallen, daß die aus den rein geometrischen Beziehungen der Abb. 11 abgeleitete Gleichung $y = 4 f_0 \left(\frac{x}{l_0}\right)^3$ (zweites Glied der Gleichung 9) im Aufbau übereinstimmt mit der aus Gleichgewichtsbedingungen hergeleiteten Gleichung $y = 4 f_2 \left(\frac{x}{l_2}\right)^3 = \frac{x^3}{6 l_2 r_2}$ für die X-Achse der Parabel.

Dies erklärt sich aus folgendem:

wenn v die Geschwindigkeit in m/sec.,
1:n das Neigungsverhältnis der Rampe,
g die Erdbeschleunigung,
s die Spurweite,
h die Gleisüberhöhung,
$1:\varrho$ die Krümmung im Gleisbogen und
x die Gleisstrecke

bedeutet, dann ist (nach Sarrazin und Oberbeck S. 23): $h = \frac{x}{n}$ und ebenso $h = \frac{s v^2}{g \varrho}$ wegen der Gleichgewichtsbedingungen mit Rücksicht auf die Fliehkraft. Daher wird

$$\frac{x}{n} = \frac{s v^2}{g \varrho} \text{ oder } \frac{1}{\varrho} = \frac{g \cdot x}{s v^2 n}.$$

$\frac{1}{\varrho}$, die Krümmung in einem Kurvenpunkt, ist allgemein annähernd $\frac{1}{\varrho} = \frac{d^2 y}{dx^2}$, daher

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{g x}{s v^2 n} = \frac{x}{P}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x^2}{2P},$$

$$\text{und } y = \frac{x^3}{6P}.$$

Für $x = l_2$ und $\varrho = r_2$ wird $\frac{1}{\varrho} = \frac{1}{r_2} = \frac{l_2}{P}$; damit $P = l_2 r_2$ und endlich $y = \frac{x^3}{6 l_2 r_2}$.

Aus dieser Ableitung folgt nun, daß die gewöhnliche Auffassung, in der Gleichung $y = \frac{x^3}{6 l_2 r_2}$ seien die Längenwerte x in Richtung der X-Achse und die Längenwerte y in Richtung der Y-Achse gemessen, zu Unrecht besteht, weil zur Ableitung der Formel die Beziehung $h = \frac{x}{n}$ gedient hat und dementsprechend die x-Wege auf der Gleisbahn bedeuten; damit wird aber die allgemeine Parabelgleichung zu einer Gleichung für ihre Evolventen. Schließlich ergibt sich noch, daß die durch den Wert P ausgedrückten Gleichgewichtsbedingungen durch die geometrische Größe $l_2 \cdot r_2$ ersetzt werden können und daß der Faktor $\frac{1}{6}$ bei der Ableitung der Parabelgleichung durch mehrfache Differenziation entstanden ist. Die gleichen Feststellungen lassen sich aber für die Ableitung der Gl. 9) unter Verwendung der Abb. 11 machen.

4. Die Absteckungsachsen und Absteckungsformeln (Abb. 13).

Man steckt entweder auf die in Abb. 13 dargestellte B-Achse oder A-Achse ab. Beide Achsen werden mit Hilfe des Punktes B gefunden und zwar die B-Achse als Berührende im Berührungspunkt der Kreisbögen r_1 und r_2 oder als Parallele hinzu, die A-Achse durch Abtragung von $\frac{l_0}{4}$ auf der B-Achse von Punkt B aus und Verschwenkung der B-Achse in Punkt D um den Winkel α. Dabei ist zu berücksichtigen, daß der Punkt B mit dem in der Natur vorhandenen Berührungspunkt der Bögen r_1 und r_2 nur dann zusammenfällt, wenn der Bogen r_2 um den ganzen Betrag f_0 nach dem Mittelpunkt verschoben wird. Wenn nur ein Teil dieser Verschiebung in Frage kommt, so rückt Punkt B um den entsprechenden

Restbetrag von f_0 vom ursprünglichen Berührungspunkt nach außen ab. Dieser Restbetrag kann auch gleich dem ganzen Betrag f_0 werden, wenn der Bogen r_1 um diesen Betrag nach außen gerückt werden muß.

Die möglichen Verschiebungen hängen von den örtlichen Verhältnissen ab. Sind die von Bunzel angegebenen Bogenverschiebungen (Abb. 2) nicht durchführbar, weil gleichzeitig auch die Übergänge an den Enden des Korbbogens zu ändern sind, dann müssen auch die Halbmesser geändert werden *).

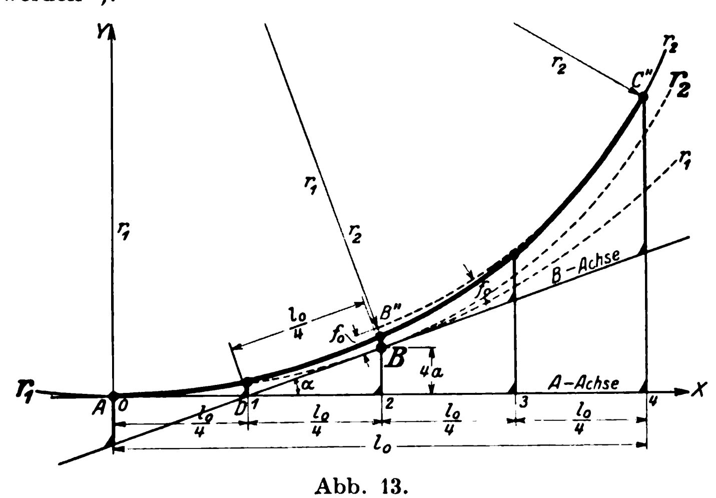


Abb. 13.

All diese Fragen, die im vorliegenden Aufsatze außerhalb der Betrachtung liegen sollen, müssen geklärt sein, bevor man die nachstehend zusammengestellten Formeln anwenden kann.

Mit Bezug auf Abb. 13, in welcher $r_1 > r_2$ dargestellt ist, ergibt sich:

$$1.\quad l_0 = l_2 - \frac{r_2}{r_1} l_2,$$

worin l_2 die Länge des Übergangsbogens für den Anschluß des Bogens r_2 an die Gerade bedeutet. Wird l_0 als unrunde Zahl gefunden, so kann man aus Schönheitsgründen l_0 ohne weiteres aufrunden; dies ist dann gleichbedeutend mit entsprechender Verflachung der Überhöhungsrampe.

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \frac{l_0}{4 r_1}$$

$$2.\quad \operatorname{tg}\alpha = \frac{l_0}{2 r_1}$$ (nur zur Herstellung der A-Achse benötigt)

$$3.\quad f_0 = \frac{l_0^2}{24}\cdot\frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2}$$

$$y = \frac{x^2}{2 r_1} + 4 f_0 \left(\frac{x}{l_0}\right)^3$$

oder in der Form für leichtere Berechnung der Werte von y

$$y = \left(\frac{4x}{l_0}\right)^2 \frac{l_0^2}{32 r_1} + \left(\frac{4x}{l_0}\right)^3 \frac{f_0}{16}$$

und mit 4. $\frac{l_0^2}{32 r_1} = a$ und $\frac{f_0}{16} = b$

$$y = \left(\frac{4x}{l_0}\right)^2 a + \left(\frac{4x}{l_0}\right)^3 b.$$

Damit ergeben sich für die Viertelspunkte der Länge l_0, die gewöhnlich für die Herstellung und Versteinung der Parabel ausreichen, folgende Werte von y:

*) Über die mühelose Bestimmung von Halbmessern bei gleichzeitiger Anpassung an die Obv. erscheint demnächst vom Verfasser ein Aufsatz.

5. Bei Absteckung auf die A-Achse mit Viertelspunkten von A aus gemessen und mit senkrechten Höhen auf die A-Achse (Abb. 13).

Gl. 11) für
$x_0 = 0 . l_0/4$ — $y_0 = 0\,a + 0\,b$
$x_1 = 1 . l_0/4$ — $y_1 = 1\,a + 1\,b$
$x_2 = 2 . l_0/4$ — $y_2 = 4\,a + 8\,b$
$x_3 = 3 . l_0/4$ — $y_3 = 9\,a + 27\,b$
$x_4 = 4 . l_0/4$ — $y_4 = 16\,a + 64\,b.$

(Die Faktoren für die $^1/_8$-Zwischenpunkte lauten 0,25, 2,25, 6,25, 12,25 bzw. 0,125, 3,375, 15,625, 42,875.)

6. Bei Absteckung auf die B-Achse mit Viertelspunkten von B aus gemessen und senkrechten Höhen auf die B-Achse (Abb. 13).

Gl. 12) für
$x_0 = 0 . l_0/4$ — $y_0 = 4\,a + 0\,b$
$x_1 = 1 . l_0/4$ — $y_1 = 1\,a + 1\,b$
$x_2 = 2 . l_0/4$ — $y_2 = 0\,a + 8\,b$
$x_3 = 3 . l_0/4$ — $y_3 = 1\,a + 27\,b$
$x_4 = 4 . l_0/4$ — $y_4 = 4\,a + 64\,b.$

(Die Faktoren für die $^1/_8$-Zwischenpunkte lauten 2,25, 0,25, 0,25, 2,25 bzw. wie bei Gl. 11).

Die Gl. 12) ergiebt sich aus den Werten der Gl. 11) nach Abzug der zwischen der A-Achse und der B-Achse liegenden Ordinatenstücke. Diese betragen, wie der Abb. 13 unmittelbar entnommen werden kann: $-4\,a$, $+0\,a$, $+4\,a$, $+8\,a$ und $+12\,a$; sie ergeben sich auch rechnerisch aus der Beziehung

$$y : \frac{l_0}{4} = \operatorname{tg}\alpha = \frac{2\,l_0}{4\,r_1}$$

$$y = \frac{2\,l_0^2}{16\,r_1} = \frac{2\,l_0^2}{16\,r_1}\cdot\frac{2}{2} = 4\,a.$$

Die Werte y der Gleichungen 11) und 12) stellen an sich Abwicklungswege dar, die im Abstande $\frac{l_0}{4}$ zueinander parallel laufen (daher auch die zeichnerischen Verzerrungen in Abb. 13); je kürzer diese Wege sind, desto mehr fallen sie mit den senkrecht stehenden Höhen y von gleicher Länge zusammen. Die B-Achse hat von der Parabel A B'' C'' die kürzeren Abstände; die Gleichungen 12) liefern daher das bessere, gleichzeitig auch einfachere Absteckungsverfahren. Mitunter können aber örtliche Verhältnisse die Anwendung der Gleichungen 11) vorteilhaft erscheinen lassen.

b) 2. Verfahren: Absteckung unter Verwendung der Ordinaten $y = 4 f_2 \left(\frac{x}{l_2}\right)^3$ auf eine Parallele zur X-Achse.

1. Ableitung des Verfahrens.

Die folgende Ableitung gründet sich auf die Lagenbestimmung der Parabelendpunkte A und C'' durch Winkelangaben. In Abb. 14 bedeutet: r_1 und r_2 die Halbmesser und Kreisbögen der sich in Punkt B berührenden Kreisbögen eines Korbbogens, A' A B'' C'' den Verlauf des Übergangsbogens des schärfer gekrümmten Kreisbogens r_2 für den Anschluß an die Gerade, A einen Punkt dieses Übergangsbogens mit dem Krümmungshalbmesser $\varrho = r_1$, l_1 die Abszisse dieses Punktes, α und γ die Winkel, welche die Berührenden in A und C'' an die Parabel mit deren X-Achse einschließen und f_0 das erforderliche Maß für die Verschiebung der Bögen r_1 und r_2 zur Einlegung des Übergangsbogens A B'' C''.

Es ist Winkel $G\,0_1\,A = \alpha$
„ $H\,0_2\,C'' = \gamma$
„ $H\,0_2\,B = G\,0_1\,B = 2\beta$
hieraus „ $A\,0_1\,B = B\,0_1\,C'' = 2\beta - \alpha$
„ $B\,0_2\,C'' = \gamma - 2\beta$

Die Winkel $2\beta - \alpha$ und $\gamma - 2\beta$ legen die Punkte A und C″ der Parabel in Bezug auf den Punkt B fest. Sie lassen sich leicht berechnen. Mit bekannten Nährungsformeln für die Parabel ergibt sich für die Winkel α und γ

$$\operatorname{tg} \alpha = y : \frac{x}{3} = \frac{4 f_1}{\frac{1}{3} l_1} = \frac{4 f_2 \left(\frac{l_2 r_2}{l_2 r_1}\right)^3}{\frac{1}{3} l_2 \frac{r_2}{r_1}}$$

Gl. 13) . . . $\operatorname{tg} \alpha = 12 \frac{f_2}{l_2} \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{r_2}{r_1^2} l_2$

$$\operatorname{tg} \gamma = y : \frac{x}{3} = \frac{4 f_2}{\frac{1}{3} l_2}$$

Gl. 14) . . . . . $\operatorname{tg} \gamma = 12 \frac{f_2}{l_2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{l_2}{r_2}$.

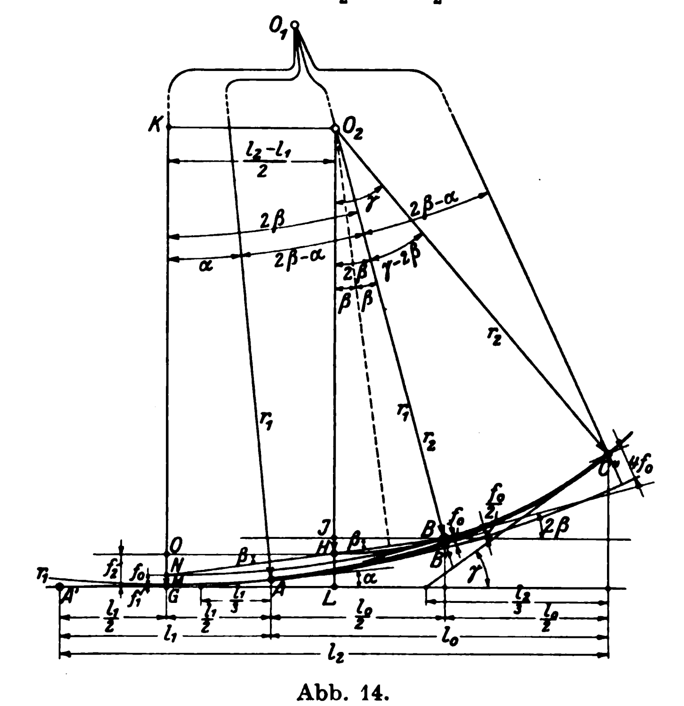


Abb. 14.

Der Winkel 2β ist ein Hilfswinkel. Er beschreibt die Lage des Berührungspunktes B des Korbbogens zur Senkrechten auf die X-Achse an der Stelle $x = \frac{l_2}{2}$ durch den Abstand J B, den der Punkt B von dieser Senkrechten hat. Es ist

Gl. 15) . . . . $\frac{JB}{r_2} = \sin 2\beta$.

Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke $K O_1 O_2$ und $J O_2 B$ folgt, da $K O_2 = \frac{l_2}{2} - \frac{l_1}{2}$ ist, $2 \frac{\overline{JB}}{l_2 - l_1} = \frac{r_2}{r_1 - r_2}$; daraus $JB = \frac{r_2 (l_2 - l_1)}{2 (r_1 - r_2)}$. Endlich mit Gl. 15

Gl. 16) . . $\sin 2\beta = \frac{1}{2} \frac{(l_2 - l_1)}{(r_1 - r_2)} = \frac{1}{2} \frac{l_0}{(r_1 - r_2)}$.

Mit Hilfe der in den Gleichungen 13), 14) und 16) berechneten Winkeln und dem bekannten Maß für die Bogenverschiebung f_0 könnten die Parabelpunkte A, B″ und C″ unter Verwendung der allgemeinen Beziehung $t = r \operatorname{tg} \frac{w}{2}$ bereits abgesteckt werden. Dagegen ergäbe sich hieraus für die Zwischenpunkte der Parabel noch kein Anhalt.

Beliebige Parabelpunkte lassen sich aber abstecken, wenn man die X-Achse der Parabel (für den Kreis r_2) als Absteckungsachse wählt. Der Abb. 14 ist zu entnehmen, daß diese zur Berührenden an den Korbbogen in Punkt B unter dem bekannten Winkel 2β geneigt ist und von der Linie J B den Abstand J L hat, der sich wie folgt annähernd berechnet:

$$JL = JH + HL = \frac{\overline{JB}^2}{2 r_2} + f_2 = \left(\frac{r_2}{2} \frac{(l_2 - l_1)}{(r_1 - r_2)}\right)^2 \frac{1}{2 r_2} + f_2$$

oder

$$JL = \frac{r_2}{8} \left(\frac{l_2 - l_2 \frac{r_2}{r_1}}{r_1 - r_2}\right)^2 + f_2.$$

Damit wären die Größen, die für die Absteckung der X-Achse aus erforderlich sind, berechnet.

Es sei noch angefügt, daß sich die Bogenverschiebung f_0, die bei IIa aus Evolventeneigenschaften abgeleitet wurde, auch geometrisch erfassen und als Teil der Bogenverschiebung f_2 darstellen läßt.

Nach Abb. 14 ist Winkel $OHN = JBH = \beta$

$$\overline{ON} = \overline{OH} \operatorname{tg} \beta = \frac{l_2 - l_1}{2} \operatorname{tg} \beta$$

$$NM = f_0$$
$$MG = f_1$$
$$GO = f_2.$$

Damit ergibt sich

$$f_0 = f_2 - f_1 - \overline{ON} \text{ oder}$$

Gl. 17) . . . $f_0 = \frac{l_2^2}{24 r_2} - \frac{l_1^2}{24 r_1} - \frac{l_2 - l_1}{2} \operatorname{tg} \beta$.

Dies läßt sich aus Abb. 14 unmittelbar entnehmen. Gl. 17) liefert mit sehr starker Annäherung die gleichen Werte wie Gl. 5) unter IIa. Man wird daher stets nur die einfache Gl. 5) für die Berechnung von f_0 anwenden.

2. Die Absteckungsachse und die Absteckungsformeln (Abb. 15).

Als Absteckungsachse wählt man zweckmäßig nicht die X-Achse, sondern die Parallele zu ihr durch den Berührungspunkt B der Kreisbögen des Korbbogens. Die Ordinaten wären dann um den Abstand J L zu kürzen (Abb. 15). Die Absteckungsachse J B P findet man durch Herstellung der Berührenden in Punkt B und durch Verschwenkung um den Winkel 2β; wie bei IIa Ziffer 4 beschrieben, ist aber die Lage des Punktes B zum Berührungspunkt der Kreise r_1 und r_2 vorher zu ermitteln. Von B aus trägt man dann auf der Absteckungsachse die Strecke J B von Punkt B aus ab und findet damit in Punkt J die Stelle der Absteckungsachse, an der die Abszisse $x = \frac{l_2}{2}$ ist. Von Punkt J haben die Endpunkte der Parabel A und C″ die Abstände $JA'' = \frac{l_2}{2} - l_1$ und $JP = \frac{l_2}{2}$. Als Zwischenpunkte für die Absteckung wählt man die in Anlage 10 der Oberbauvorschriften der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft vorgesehenen Achtelspunkte der Länge l_2.

Zur Berechnung der Absteckungsgrößen dienen die nachstehend zusammengestellten Formeln:

1. $l_0 = l_2 - l_2 \frac{r_2}{r_1}$.
2. $f_0 = \frac{l_0^2}{24} \frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2}$.
3. $\sin 2\beta = \frac{l_0}{2 (r_1 - r_2)}$.
4. $JB = r_2 \cdot \sin 2\beta$.

5. $JL = \frac{J\overline{B}^2}{2 r_2} + f_2 = \frac{r_2}{2} \cdot \left(\frac{l_0}{2(r_1 - r_2)}\right)^2 + \frac{l_2^2}{24 r_2}.$
Nach Anlage 10 der Obv. vom 1. 1. 28 ist
$y = c \cdot f$, daher im vorliegenden Falle

6. $y = c f_2 - \overline{J}L$
und somit für

$x_1 = 1/8\, l_2$ $\quad y_1 = 0{,}0078\, f_2 - \overline{J}L$
$x_2 = 2/8\, l_2$ $\quad y_2 = 0{,}0625\, f_2 - \overline{J}L$
$x_3 = 3/8\, l_2$ $\quad y_3 = 0{,}2109\, f_2 - \overline{J}L$
$x_4 = 4/8\, l_2$ $\quad y_4 = 0{,}5000\, f_2 - \overline{J}L$
$x_5 = 5/8\, l_2$ $\quad y_5 = 0{,}9766\, f_2 - \overline{J}L$
$x_6 = 6/8\, l_2$ $\quad y_6 = 1{,}6876\, f_2 - \overline{J}L$
$x_7 = 7/8\, l_2$ $\quad y_7 = 2{,}6797\, f_2 - \overline{J}L$
$x_8 = 8/8\, l_2$ $\quad y_8 = 4{,}0000\, f_2 - \overline{J}L$

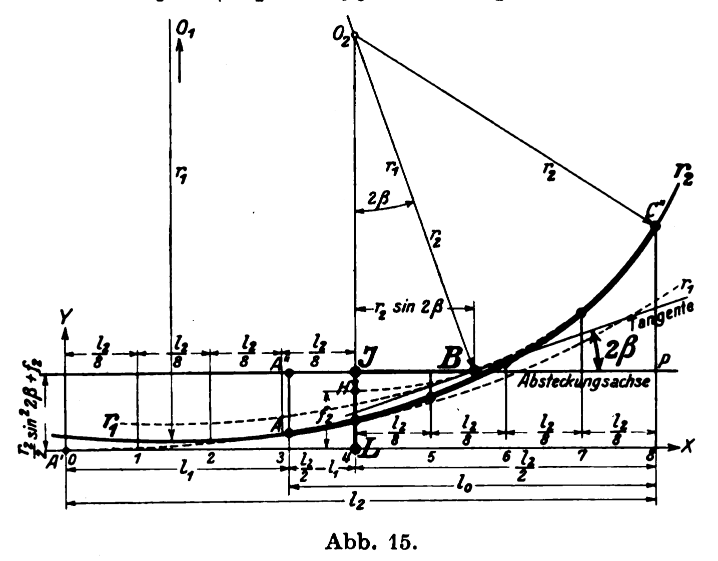


Abb. 15.

Will man die Übergangsbogenlänge l_0 in n gleiche Teile zerlegen, um nach n-Teilen versteinen zu können, so berechnen sich die Ordinaten für diese Teilpunkte aus der Formel

$$\text{Gl. 18)} \quad y = 4 f_2 \left(\frac{l_2 \frac{r_2}{r_1} + z \frac{l_0}{n}}{l_2}\right)^3 - JL,$$

wo z die Zahlen von 1 bis n durchläuft.

III. Einiges über die Genauigkeit der Absteckungsverfahren.

Am Schlusse des Abschnittes IIa wurde schon bemerkt, daß die Absteckung des Übergangsbogens von der B-Achse aus genauer ist, als die Absteckung mit Hilfe der A-Achse, der Tangente im Anfangspunkt A an die Parabel AC'' (Abb. 13). Da aber die Gleichung der Parabel in Bezug auf diese Tangente

$$\text{Gl. 9)} \quad y = \frac{x^2}{2 r_1} + 4 f_0 \left(\frac{x}{l_0}\right)^3$$

allgemein gültig ist, also auch für die X-Achse des Übergangsbogens für die Überleitung des Kreises in die Gerade, so kann auch die Absteckung von der A-Achse aus niemals ungenauer sein, als die übliche und befriedigende Absteckungsweise für gewöhnliche Übergangsbögen. Sie wird im Gegenteil genauer insofern, als die abgesteckte Kurve sich mit abnehmender Länge l_0 mehr und mehr der Form des Übergangsbogens nähert, welche die Gleichgewichtsbedingungen im Übergangsbogen auch theoretisch erfüllt. Die „Schärfe" der Krümmungen beeinträchtigt also die Güte der Absteckung nicht; dies gilt auch für das von Höfer angegebene im Abschnitt I beschriebene Verfahren, vorausgesetzt, daß man nicht auch die Absteckung normaler Übergangsbögen mit Evolventen als ungenau bezeichnen will.

Die Absteckung nach dem in Abschnitt IIb (Abb. 15) entwickelten Verfahren bietet entsprechend der Herleitung des Verfahrens die gleiche Genauigkeit wie die Absteckung gewöhnlicher Übergangsbögen.

IV. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse.

Die Untersuchungsergebnisse sind überraschend einfach. Sie drängen sich zusammen für den Abschnitt IIa in den Formeln unter Ziffer 1 bis 6 auf Seite 516 und für den Abschnitt IIb in den Formeln unter Ziffer 1 bis 6 auf Seite 517 und 518.

Im Abschnitt IIa gipfelt die Untersuchung in der Aufstellung der Gleichung für den Übergangsbogen (Gl. 9) (Seite 514) in Bezug auf die X-Achse der Abb. 13

$$y = \frac{x^2}{2 r_1} + 4 f_0 \left(\frac{x}{l_0}\right)^3.$$

Diese Gleichung ermöglicht beim Vergleich des Gliedes $4 f_0 \left(\frac{x}{l_0}\right)^3$ mit der Gleichung $Y = 4 f \left(\frac{x}{l}\right)^3$ für gewöhnliche Übergangsbögen eine klare Vorstellung von der Form und Lage der Übergangsbögen in Korbbögen und eine ebenso klare wie einfache Berechnung der Ordinaten der Übergangsbogenpunkte. Was die Absteckung der Übergangsbögen betrifft, so erweisen sich die in Abb. 13 dargestellten Achsen A und B als sehr bequeme Hilfsmittel. Von den beiden Achsen ist jedoch der B-Achse der Vorzug zu geben, weil ihre Richtung parallel zur Tangente im ursprünglichen Berührungspunkte der Bögen des Korbbogens ist und daher gewöhnlich festliegt und weil auch die Ordinatenberechnung für diese Achse sich etwas einfacher gestaltet. Bemerkenswert ist die Darstellung der Gl. 9) in der allgemeinen Form

$$y = \left(\frac{4x}{l_0}\right)^2 a + \left(\frac{4x}{l_0}\right)^3 b \quad \text{(S. 516)}$$

und die sich daraus ergebenden höchst einfachen und leicht einprägbaren Gleichungen 11) und 12) (S. 516) zur Berechnung der Viertels- oder Achtelspunkte der Übergangsbögen. Damit dürfte für die Berechnung und Absteckung von Übergangsbögen in Korbbögen (Abb. 13) ein Verfahren gefunden sein, welches nicht nur ebenso anschaulich ist, wie das Verfahren für die Absteckung und Berechnung gewöhnlicher Übergangsbögen, sondern auch ebenso einfach und zielsicher in der Durchführung, sobald festliegt, in welcher Richtung man die im Halbmesser meist zu ändernden Bögen eines Korbbogens verschieben will und in welcher Gesamtgröße man diese Verschiebung vorzunehmen hat. Die Bogenverschiebung f_0 ergibt sich dabei annähernd aus der Größe der vorhandenen Halbmesser; der oder die neuen Halbmesser des Korbbogens sowie der endgültige Wert von f_0 aus dem angenähert berechneten Wert von f_0.

Ergibt sich in der Anfangsberechnung f_0 kleiner als 2 cm, so kann man unbedenklich auf die Einlegung eines Übergangsbogens verzichten. In solchen Fällen empfiehlt sich aber Anfang, Mitte und Ende der Überhöhungsrampe zu versteinen, wobei als Mitte der Rampe der Bogenberührungspunkt gilt.

Im Abschnitt IIb (Abb. 15) ist ein Absteckungsverfahren entwickelt, dessen man sich mit Vorteil bedienen kann, wenn örtliche Verhältnisse die einfachere Absteckung von der B-Achse der Abb. 13 aus nicht ermöglichen. Das Verfahren ist deshalb interessant, weil es zeigt, daß ein Teil der Parabel für die Überleitung eines Kreises in die Gerade auch vom rein geometrischen Standpunkt aus betrachtet werden kann, ohne daß dadurch die Absteckung eines Parabelabschnittes an Übersichtlichkeit und Einfachheit im Vergleich zu dem Ver-

fahren unter IIa wesentlich verliert. Die in Abb. 15 dargestellte Absteckungsachse JBP kann leicht hergestellt werden und zwar direkt mit dem Werte der Sin-Funktion des Winkels 2β, weil sich die Richtung der Achse mit großer Schärfe auch aus der Sin-Funktion des Winkels ergibt. Die sonstigen Absteckungsgrößen berechnen sich auf einfachste Weise, die Ordinaten gewinnt man aus den in den Obv. angegebenen Formeln unter Abzug der Strecke JL.

Sowohl beim Verfahren unter IIa (Abb. 13), als auch beim Verfahren unter IIb (Abb. 15) werden die Übergangsbögen in Korbbögen als Teile gewöhnlicher Übergangsbögen berechnet und abgesteckt. Als Ordinatengrößen dienen bei der Absteckung in beiden Fällen die Evolventenlängen $y = \frac{x^2}{2 r_1} + 4 f_0 \left(\frac{x}{l_0}\right)^3$ mit der Folge, daß flachere Übergangsbögen entstehen, als die an sich erforderlichen, und, daß diese Bögen, die um f bzw. f_0 verschobenen, durch diese Verschiebungen mit sehr starker Annäherung der Evolventenform der Übergangsbögen angepaßten Kreisbögen an den Stellen $x = l$ bzw. $x = l_0$ oder $x = \frac{l_0}{2}$ (je nach Wahl der Absteckungsachse) nicht berühren. Die Fehler betragen an den Enden der Übergangsbögen bei gewöhnlichen Übergangsbögen je nach verwendetem Rampenneigungsverhältnis bis nahezu 3 cm, bei Übergangsbögen in Korbbögen jedoch erheblich weniger.

Damit ergibt sich die bemerkenswerte Tatsache, daß ein Übergangsbogen im Korbbogen unter sonst gleichen Verhältnissen stets mit größerer Genauigkeit abgesteckt werden kann, als ein gewöhnlicher Übergangsbogen und, daß mit Rücksicht hierauf, die bei gewöhnlichen Übergangsbögen zu unbeanstandeten Ergebnissen führende Absteckung von der X-Achse (JBP-Achse) (Abb. 15) aus, bei der Absteckung von Übergangsbögen in Korbbögen für nicht sehr befriedigend gehalten werden kann.

Internationaler Eisenbahnverband.

Vom 22. April bis 4. Mai 1929 hielt der Internationale Eisenbahnverband in Neapel die ordentliche jährliche Sitzung der Ausschüsse des Verbandes ab und zwar tagten:

der I. Ausschuß (Personenverkehr), der II. Ausschuß (Güterverkehr), der III. Ausschuß (Abrechnungen und Währungen), der IV. Ausschuß (Austausch des Rollmaterials), der V. Ausschuß (Technische Fragen). Außerdem fanden gemeinsame Beratungen des I. und V. Ausschusses, des II. und IV. Ausschusses, des IV. und V. Ausschusses statt; ferner tagte der Sonderausschuß für die selbsttätige Kupplung.

Im nachstehenden sei über die technisch interessierenden Punkte ein kurzer Bericht gegeben.

IV. Ausschuß (Austausch des Rollmaterials).

I. Frage. Vereinheitlichung der Vorschriften über den Bau und die Behandlung der Spezialwagen, die zur Beförderung von flüssigem Gas (insbesondere von Chlor) dienen.

Da die Berichte noch nicht vorlagen, wurde die Prüfung der Frage auf eine spätere Sitzung verschoben.

II. Frage. Behandlung der leeren, zur Beladung verschickten Privatwagen, die infolge von unterwegs erfolgten Beschädigungen nur im leeren Zustand laufen können.

Es kommt öfter vor, daß im internationalen Verkehr leer zur Beladung verschickte Privatwagen infolge von Beschädigungen für jede Beladung unfähig werden. In diesem Fall und wenn es sich nicht um geringfügige Beschädigungen im Sinne des RIV handelt, ist es unzweckmäßig, den Wagen bis zur Verladestation weiter laufen zu lassen. Zweckmäßig müßte man ihn entweder in der Station aussetzen, wo die Beschädigung erfolgt ist und die Verfügungen des Eigentümers oder Absenders einholen oder ihn von Amts wegen an die Heimatstation an die Adresse des Eigentümers zurücksenden.

Es wurde angeregt, man möge den Frachtvertrag in dem Bahnhof, wo die Beschädigung festgestellt und der Wagen daher ausgesetzt werden mußte, als gelöst betrachten. Dieser Bahnhof würde die Verfügungen des Eigentümers auf dessen Kosten telegraphisch anfordern und gleichzeitig den Versender, wenn er nicht gleichzeitig Eigentümer des Wagens ist, benachrichtigen. Mangels Anweisung des Eigentümers innerhalb acht Tagen wäre die Bahn ermächtigt, den beschädigten Wagen von Amts wegen mit Frachtbrief an die Adresse und im Namen des Eigentümers zurückzusenden. Auf dieser Grundlage wurde ein neuer Text zur Aufnahme in das Internationale Reglement für Privatwagen vorgelegt, der vom Ausschuß genehmigt wurde. Es wurde bestimmt, daß die Mitteilungen an den Absender oder den Eigentümer in deutscher, französischer oder italienischer Sprache und die Anweisungen des Eigentümers entweder in einer dieser drei Sprachen oder in der Landessprache des Bahnhofs, wo der Wagen angehalten wurde, abgefaßt sein müssen.

III. Frage. Ausrüstung der Privatwagen mit Handbremse und durchgehender Bremse.

Die Prüfung dieser Frage wurde noch verschoben.

IV. Frage. Eintragung neuer Fragen in das Arbeitsprogramm des Ausschusses.

Der Ausschuß hält es für notwendig die Bedingungen für die Verwendung der „Behälter“ im internationalen Verkehr zu untersuchen und will dementsprechend Antrag auf Zuweisung dieser Frage stellen.

V. Ausschuß (Technische Fragen).

Es wurden behandelt:

Abteilung Gleiswesen.

I. Frage. Internationale Vereinheitlichung der bei unbewachten Planübergängen in angemessenem Abstand vom Übergang auf den Straßen anzubringenden Warnungssignale. Studium derjenigen Signale, die verschiedene Gestalt haben, je nachdem sie den Begriff „Vorsicht“ oder „Gefahr“ ankündigen.

Auf Vorschlag des Unterausschusses beschloß man, für die Leuchtsignale, die zwei Anblicke bieten, je nachdem sie „Achtung“ oder „Gefahr“ anzeigen, die Verwendung der gleichen Farben zu empfehlen wie für die Lichter der Straßensignale, die „Achtung“ oder „Halt“ angeben; außerdem müßten die Lichter der Melder immer so angeordnet werden, daß sie vom Zugpersonal nicht unmittelbar gesichtet werden können. Die Schweizerischen Bundesbahnen bemerkten, daß die unabgeschrankten Bahnübergänge, die mit einem Blinklichtsignal versehen sind, das entweder vom Eisenbahnpersonal bedient oder vom Zuge automatisch eingeschaltet wird, als bewachte Übergänge zu betrachten sind; daher müßten die Vorschriften der bewachten Übergänge auf sie Anwendung finden.

Diese Bemerkung der Schweiz wird dem Geschäftsausschuß unmittelbar vorgelegt werden.

II. Frage. Antrag auf Aufnahme neuer Fragen in das Arbeitsprogramm des Ausschusses.

Es wurde angeregt, daß der IEV eine Untersuchung über die in den einzelnen Ländern bestehende Behandlung der Bahnübergänge, insbesondere hinsichtlich ihrer Beleuchtung während der Nacht, über die gesetzlichen oder reglementarischen Bedingungen, unter denen von der Bewachung abgesehen werden kann, und über die Erfahrungen, die bei fehlender Bewachung besonders hinsichtlich der Unfälle gemacht worden sind, vornehmen solle.

Der Ausschuß beschloß, eine einfache Erhebung vorzunehmen, für die Ungarn als Berichterstatter bezeichnet wurde.

Weiter wurde vom Ausschuß eine Erhebung über die Erfahrungen, die die Eisenbahnverwaltungen besonders im letzten Winter über den Einfluß der großen Kälte auf das Gleis und über die Wirksamkeit der Abwehrmaßnahmen gesammelt haben, vorgeschlagen.

Abteilung: Elektrotechnik.

I. Frage. Fragen, die das Internationale beratende Komitee für Fernsprüche auf große Entfernungen (CCI) betreffen:



A. Beteiligung an den Arbeiten des gemischten, ständigen internationalen Ausschusses zur Ausführung von gemeinschaftlichen Versuchen durch die Telephonverwaltungen, die Eisenbahnverwaltungen und verschiedene industrielle Gruppen zur Aufstellung von Richtlinien für den Schutz der Telephonlinien gegen die Störwirkungen der Starkstrom- oder Hochspannungsanlagen.

B. Studium des von dem IEV zu vertretenden Standpunktes bei der Vorbereitung der Mitteilungen, die dem CCI zu machen sind.

C. Studium des von dem IEV zu vertretenden Standpunktes bei der Weiterbehandlung des Entwurfs zu den Richtlinien und zu weiteren einschlägigen Fragen, auf diesem Gebiet, die für die Eisenbahnverwaltungen von Interesse sind.

II. Frage. Untersuchung der Fragen von allgemeinem Interesse über elektrisch betriebene Strecken, bei denen die Stromleiter aus einer dritten Schiene bestehen.

a) Für das Inkrafttreten der folgenden Bestimmungen wurde der 1. Januar 1931 vorgeschlagen:

1. der Vorschriften für die Strecken mit Oberleitungen, die nur für Gemeinschaftsbahnhöfe und -strecken gelten, auf denen Lokomotiven verschiedener Verwaltungen verkehren können,
2. sämtlicher Vorschriften über Strecken, bei denen die Stromleiter aus einer dritten Schiene bestehen.

Für die Neuanlagen sollen diese Vorschriften jedoch jetzt schon verbindliche Kraft haben.

b) Die Festsetzung eines Lichtraumprofils für die Stromschienen, das den ungehinderten Durchgang der Transitwagen auf der freien Strecke erlaubt, soll vom Unterausschuß für das Lichtraumprofil in Behandlung genommen werden, in dem der Unterausschuß für die elektrische Zugförderung durch die Abgeordneten Deutschlands, Frankreichs, Italiens und der Tschechoslowakei vertreten sein soll. Der Lichtraum in den Gemeinschaftsbahnhöfen und -strecken soll von den beteiligten Verwaltungen festgelegt werden, die sich untereinander über den Übergang ihres Materials einigen.

c) An den Enden jedes elektrischen Abschnittes sollen geeignete Maßnahmen zur Verhinderung der Störeinwirkungen auf die Fernleitungen der angrenzenden Abschnitte getroffen werden. — Ein Unterausschuß wurde mit der eingehenden Behandlung der besten Methoden zum Schutze der Fernleitungen beauftragt.

III. Frage.. Untersuchung von Fragen allgemeinen Interesses über elektrische Bahnmotoren.

Der Unterausschuß hatte zuerst durch ein engeres Komitee, das Fachleute aus dem Gebiete des Gleichstroms, des Einphasen- und Dreiphasenstroms umfaßte, die Punkte untersuchen lassen, auf die sich die Behandlung erstrecken sollte. Auf Vorschlag dieses Komitees hat er einesteils die Leistungsfähigleit der Bahnmotoren und Lokomotiven bestimmt und andernteils eine gewisse Anzahl praktischer technischer Regeln aufgestellt, die für die Bestimmung der Leistungsfähigleit eines Bahnmotors zu beachten sind. — Der Ausschuß nahm grundsätzlich und ohne große Änderungen die Vorschläge seines Unterausschusses an, beschloß aber, sie erst dann dem Geschäftsausschuß vorzulegen, wenn der Unterausschuß die Untersuchung der verschiedenen anderen Punkte über die elektrischen Bahnmotoren abgeschlossen hat und in die Mitarbeit an der internationalen elektrotechnischen Kommission (CEI) eingetreten ist.

IV. Frage. Antrag auf Aufnahme neuer Fragen in das Arbeitsprogramm des Ausschusses.

Der Ausschuß beschloß, den Erlaß einer Vorschrift für den zulässigen Wert des Druckes der Stromabnehmer der elektrischen Fahrzeuge auf die Fahrleitung anzuregen, um zu vermeiden, daß die Stromabnehmer durch einen übertriebenen Druck die Fahrleitung über den Gleisen einer anderen Verwaltung abheben oder zu stark beanspruchen, ferner zu prüfen, ob Verwendung von Antennen auf den Personenwagen im Hinblick auf die vorgeschriebene Erdung der metallenen Teile auf den Wagendächern der unter Fahrleitungen verkehrenden Fahrzeuge unzulässig ist.

Abteilung: Rollmaterial — Bahnerhaltung.

I. Frage. Ausarbeitung eines Vorentwurfs für die Revision der Vorschriften der Technischen Einheit.

Die neue Abfassung, die für die Technische Einheit vorgeschlagen wurde, enthält eine Reihe neuer Vorschriften, die bereits Gegenstand internationaler Abkommen sind (RIV oder Entscheidungen des IEV), oder die sich auf neuere Verbesserungen beziehen (durchgehende Güterzugbremse, Elektrisierung, Verstärkung der Widerstandsfähigkeit der Kupplungen usw.). Dagegen wurden nach Möglichkeit alle Duldungen gestrichen, die bisher noch für das alte Material zugelassen waren.

Der Gesamtentwurf wird durch den Geschäftsausschuß der schweizerischen Bundesregierung übermittelt, mit der Bitte, sie möge die Zustimmung der Regierungen, die der Technischen Einheit beigetreten sind, herbeiführen.

II. Frage. Studium der Vereinheitlichung und wenn möglich der Verbreiterung der Umgrenzungslinie der Personenwagen bei geöffneten Türen.

Die Frage wird nicht weiter verfolgt.

III. Frage. Es wird beschlossen, die Prüfung folgender Frage zu beantragen:

Bestimmung der Stahlsorten, die für die Herstellung der Schienen und Radreifen Verwendung finden, insbesondere Bestimmung ihrer Festigkeit, Härte, Sprödigkeit und Abnutzung, soweit sie für die Beziehungen von Rad und Schiene wesentlich sind.

Abteilung: Rollmaterial.

I. Frage. Ausrüstung der Privatwagen mit Handbremse und mit durchgehender Güterzugbremse. — Die Frage wird von einem Unterausschuß behandelt.

II. Frage. Vereinheitlichung der Kupplungen und Anschlüsse der Leitungen für die Druckluftbremse an den Fahrzeugen des Personen- und Güterverkehrs.

Für das Güterwagenmaterial hat der IEV mehrere Vorschriften über die Kupplungen und Anschlüsse der Leitungen für die Druckluftbremse erlassen, die folgenden Erwägungen entsprechen:

eine möglichst hohe Durchschlagsgeschwindigkeit der Bremsen zu erzielen, die Bremsanschlüsse auswechselbar zu gestalten, die Kupplung der Güterwagen mit den vorhandenen Personenwagen ohne besondere Zwischenkuppelschläuche zu ermöglichen.

Um die Untersuchung der Bremsanschlüsse abzuschließen, wurde der Unterausschuß beauftragt, die Übergangsbestimmungen für die Umänderung der hochliegenden Leitungen des Güterzugmaterials zu untersuchen,

III. Frage. Übergang von Güterwagen, die mit einer gewöhnlichen Druckluftbremse ausgerüstet sind.

Die Güterwagen mit Druckluftbremse sollten nach den bisherigen Vorschriften des IEV ein oder zwei die Ecksäulen umfassende weiße Streifen von bestimmten Ausmessungen erhalten, je nachdem sie die Bremsleitung (bzw. eine Bremse, die in den internationalen Güterzügen nur als Bremsleitung benutzt werden kann), oder eine im internationalen Verkehr verwendbare durchgehende Güterzugbremse besitzen. Dem heutigen Stand der Bremsfrage entsprechend, wurde ergänzend vorgeschlagen, drei weiße Streifen vorzusehen für die Güterwagen, die mit einer Güterzugbremse ausgerüstet sind, die nicht vollständig den 33 vorgeschriebenen Bedingungen genügt, und eine weitere Bezeichnung auf den Wagen anzubringen, die eine Bremse besitzen, die in Personenzügen verwendet werden kann. — Außerdem wurden bestimmte Vorschriften für die Bremsen vorgeschlagen, die in Personen- und Güterzügen verwendet werden können und es wurde verlangt, daß in Zukunft die Güterwagen ausschließlich mit Bremsen ausgerüstet werden sollen, die im internationalen Verkehr zugelassen sind. Schließlich wurde bestimmt, daß auf den Güterwagen, die keine Ecksäulen besitzen, das Anbringen der vorgeschriebenen Zeichen auf einem Blech empfohlen werden soll und daß die Maße und die Anordnung der weißen Streifen nicht mehr starr festgelegt werden, sondern daß Höchst- und Mindestmaße angegeben werden.

IV. Frage. Verstärkung der Kupplungen an den für den internationalen Verkehr bestimmten vorhandenen Wagen.

Der Ausschuß nahm Kenntnis vom Fortschritt der Verstärkung der Wagenkupplungen nach dem Stand vom 1. Januar 1929 und wird die gleiche Rundfrage am 1. Januar 1930 vornehmen.



V. und VI. Frage. Abänderung der Vorrichtung für die Begrenzung des Auszuges des Faltenbalges der Personenwagen. Ergänzung der Zeichnung von Anlage F[1] des RIC, hinsichtlich der Maße der zweiteiligen Übergangsbrücke.

Der Unterausschuß hatte Vorschläge für Änderungen und Zusätze der Vorschriften des RIC hinsichtlich der Faltenbälge und Übergangsbrücken aufgestellt.

Der Ausschuß machte sich diese Vorschläge zu eigen und beschloß, jetzt schon für die Mitglieder des IEV bei neu zu bauendem Material die Verwendung des Faltenbalges nach Typ F mit 1 m Öffnung verbindlich zu machen.

Der Unterausschuß wurde beauftragt, die notwendigen Untersuchungen für die Bestimmung der Hauptmerkmale einer Rotationsübergangsbrücke als Ersatz der zweiteiligen Übergangsbrücke vorzunehmen.

Die VII. und VIII. Frage bieten nichts Besonderes.

Unter Frage IX schlug der Ausschuß vor, folgende neue Fragen zu behandeln:

a) Untersuchung über die Erfahrungen, die die Eisenbahnverwaltungen über den Einfluß der großen Kälte auf das Laufwerk der Fahrzeuge, insbesondere im verflossenen Winter gemacht haben, und über die Wirksamkeit der Abhilfsmittel.

b) Aufstellung von Regeln für die Bestimmung der für jede Bauart der durchgehenden Güterzugbremsen anzuwendenden Übersetzungszahl.

X. Frage. Teilnahme des IEV an der Ausschreibung eines von einem internationalen Komitee veranstalteten Wettbewerbs unter den Firmen für Herstellung von „Behältern" für den internationalen Verkehr.

Zur Ausarbeitung eines Programms für den Wettbewerb wurde ein Berichter (Italien) und ein Mitberichter (Frankreich) ernannt.

In einer

gemeinsamen Versammlung des I. und V. Ausschusses

wurden einheitliche Maßnahmen zur Verbesserung der Sichtbarkeit der Stationsnamen auf den Bahnhöfen besprochen.

Die aufgestellten Vorschriften sollen nur für wichtigere Bahnhöfe und erst vom 1. Januar 1932 bindend sein.

Gemeinsame Versammlung des II. und IV. Ausschusses

I. Frage. Revision des internationalen Reglements für Privatwagen.

Die Frage war in einem Gesuch der internationalen Vereinigung der Verbände der Privatgüterwagen-Interessenten aufgeworfen worden, in dem dem IEV verschiedene Änderungen der allgemeinen Reglementierung des Laufes dieser Wagen zur Prüfung unterbreitet worden sind. — Was die Wünsche der internationalen Vereinigung betrifft, kamen die Ausschüsse zu der Ansicht, daß die Einführung des vom IEV aufgestellten Reglements den Privatwagenbesitzern eine Reihe bedeutender Erleichterungen gebracht habe; die von den Verwaltungen reiflich erwogenen Bedingungen könnten nicht neuerdings erörtert werden.

Zur allgemeinen Revision des Reglements ist ein Unterausschuß eingesetzt, der eine eingehende Untersuchung vornehmen soll und dabei besonders die Grundlagen behandeln soll, die für die Einfügung des genannten Reglements in das IÜG (bei dessen Revision) und für die Vereinheitlichung der Einstellungsverträge notwendig erscheint.

Die Bestimmungen über die Behandlung der Privatwagen, die leer zur Beladung verschickt, infolge der unterwegs eingetretenen Beschädigungen nur im leeren Zustand laufen können (siehe unter d) II. Frage), werden in das geltende Reglement aufgenommen.

II. Frage. Internationale Reglementierung der Beförderungen in privateigenen Wärmeschutz-, Kühl- oder Gefrierwagen, unter Beiordnung der von dem IEV in dieser Hinsicht bereits erlassenen Vorschriften.

Die Angelegenheit wurde dem zur vorhergehenden Frage eingesetzten Unterausschuß überwiesen.

In einer

gemeinsamen Versammlung des IV. und V. Ausschusses

wurde die Frage der Ausrüstung der Privatwagen mit Handbremse und mit durchgehender Bremse behandelt. Die Angelegenheit wurde einem Unterausschuß überwiesen, von dem auch die Frage der Zulassung der offenen Bremsstände für luftgebremste Güterwagen mit Handbremse zu prüfen ist.

Sonderausschuß für die selbsttätige Kupplung.

I. Frage. In welcher Weise soll die Aufstellung einer Unfallstatistik weiter behandelt werden?

In seiner Brüsseler Sitzung im Jahre 1928 hatte der Ausschuß den Entwurf eines Fragebogens über die Zahl der beim Kuppeln der Wagen getöteten und verletzten Personen genehmigt und für die Begriffsbestimmung der getöteten und verletzten Personen die amerikanische Begriffsbestimmung angenommen. Es wurde der Wunsch ausgedrückt, sobald wie möglich in den Besitz dieser Unfallstatistik zu kommen. Um noch vor der Sitzung im nächsten Frühjahr alle notwendigen Unterlagen zu erhalten, beschloß man, die Verwaltungen, deren Rechnungsjahr nicht mit dem Kalenderjahr zusammenfällt, zu bitten, ihre Statistik trotzdem zum 31. Dezember abzuschließen und nötigenfalls auf die Ergebnisse der vergangenen Rechnungsjahre zurückzugreifen.

II. Frage. Welche Stellung nehmen die Mitglieder des Sonderausschusses zu den Schlußfolgerungen des Berichtes der französischen Eisenbahnen und der italienischen Staatsbahnen vom 25. März 1925 ein? Ausarbeitung von Bedingungen, denen eine selbsttätige Kupplung genügen muß.

Bei Untersuchung der Schlußfolgerungen des Berichtes von 1925 hielt man es infolge der seit dieser Zeit in der Eisenbahntechnik erzielten Fortschritte für angebracht, einige Zusätze und Änderungen vorzunehmen. Unter Bezugnahme auf diese Schlußfolgerungen hatte der Vorsitzende mit der Ausarbeitung der Bedingungen begonnen, die eine selbsttätige Kupplung erfüllen muß, um im internationalen Verkehr zugelassen zu werden. Die Prüfung ob die so ausgearbeiteten Bedingungen von einem vorgeschlagenen Kupplungssystem erfüllt werden, wird sich nicht auf einige An- und Abkupplungen unter mehr oder weniger theoretischen Bedingungen beschränken können, sondern muß sich auf die Feststellungen, die während einer gewissen Zeit im Dienst gemacht wurden und auf Versuche erstrecken, die nach einem bestimmten Programm ausgeführt werden. Mit der Aufstellung eines Versuchsprogramms wurde ein Unterausschuß beauftragt.

III. Frage. Aufstellung von Grundsätzen für den Bau der Pufferrahmen, damit diese später als Träger der selbsttätigen Mittelkupplung verwendet werden können, welches auch die Art der gewählten Kupplung sein möge.

Der Vorsitzende wird im Herbst 1929 Vorschläge über diese Angelegenheit vorlegen.

IV. Frage. Untersuchung des von den Polnischen Staatsbahnen vorgeschlagenen selbsttätigen Kuplungssystems.

Die Untersuchung dieses Kupplungssystems kann erst dann erfolgen, wenn die zu erfüllenden technischen Bedingungen ausgearbeitet sind.

V. Frage. Verwendung der Kupplungsstange für Güterwagen.

Ein endgültiges Urteil über die bisherigen Versuche konnte noch nicht abgegeben werden.

Berichte.

Lokomotiven und Wagen.

Normung im Lokomotiv- und Wagenbau.

a) Normung im Lokomotivbau.

Seit dem letzten, im Heft 24 vom 15. Dezember 1928 erschienenen Bericht ist die Normung im Lokomotivbau wieder ein erhebliches Stück vorwärts gekommen.

An Normblättern für den Lokomotivbau sind vom Elna (Engerer Lokomotivnormenausschuß) inzwischen neu herausgegeben worden:

LON 2 und 3 Zeichnungsverzeichnis für Lokomotive und Tender (Taschenformat)



LON 103 Vierkante und Vierkantlöcher für Spindeln, Stiftschrauben mit vierkantigem Schaft
„ 105 Teilung für Niet- und Schraubenverbindungen (Konstruktionsblatt)
„ 204 Buchsen mit Bund
„ 205 Steuerungsbuchsen mit Bund
„ 269 Überwurfmuttern für Ölrohrverschraubungen
„ 272 Einschraubstutzen
„ 286 Beiblatt, Gewindegrenzmaße der Werkstücke, Herstellungsgenauigkeit und Abnutzung der Lehren für Whitworth-Feingewinde 2
„ 294 Whitworth-Rohrgewinde, theoretische Werte
„ 294 Beiblatt-Gewindegrenzmaße der Werkstücke, Herstellungsgenauigkeit und Abnutzung der Lehren für Whitworth-Rohrgewinde DIN 259
„ 342 Blanke Zylinderkopfschrauben (Paßschrauben)
„ 397 Halbblanke, niedrige Sechskantmutter mit Whitworth-Feingewinde 10 Gang auf 1″
„ 473 Flansche für Sonderzwecke. Anschlußmaße
„ 501 Halbrundniete und Senkniete von 2 bis 8 mm Durchmesser
„ 515 Gedrehte Niete
„ 1101—1104 Formeisen, Flacheisen, Bandeisen usw.
„ 1106 Nahtlose Flußstahlrohre
„ 2138—2139 Große Waschluke mit Pilz (Zusammenstellung)
„ 2145—2146 Drahtkorb-Funkenfänger
„ 3060 Kesselablaßhahn mit Flansch (Nennweite 25)
„ 3061 „ mit Gewindezapfen (Nennweite 25)
„ 3062 „ gerade (Nennweite 40)
„ 3063 „ gebogen „ 40)
„ 3070 Absperrschieber, N. W. 40, Bauart Wilh. Strube
„ 3216—3219 Selbstschluß-Wasserstandanzeiger
„ 3222—3223 „ „
„ 3225—3226 „ „
„ 3231 Wasserstandablaßhahn
„ 3250 Hahnstellungsschild für Selbstschluß-Wasserstandanzeiger
„ 3603 Signallaterne für Gas- oder elektrische Beleuchtung
„ 4319 Radreifen mit geschw. Spurkranz und ohne Spurkranz der Vollspurbahn-Fahrzeuge, Fertigprofil
„ 4340 Griffe auf dem Pufferträger
„ 5010 Kolbenringe, Überstreifringe
„ 6027 Haken
„ 6201—6210 Kesselbekleidung (Übersicht und Einzelteile)
„ 6301 Kessel-Fabrikschild
„ 6304 Schilder für Handräder
„ 7101 Bremsklotz 36 × 350 für Vollspurlokomotive
„ 7102 Bremsklötze 40 × 300, 40 × 400, 45 × 450 mm für Vollspurlokomotive
„ 7103 Bremsklotz 50 × 500 für Vollspurlokomotive

An geänderten LON-Normen sind inzwischen noch erschienen:

LON 202, 2. Ausgabe, August 1929, Buchsen
„ 203, 2. „ August 1929, Steuerungsbuchsen
„ 251, 2. „ Juli 1929, Stellringe
„ 381, 2. „ Januar 1929, Doppelschraubenschlüssel mit ungleichen Maulweiten
„ 2001, 3. Ausgabe, Oktober 1928, Roststäbe
„ 2145, Blatt 1, 2. Ausgabe, Juli 1929, Drahtkorbfunkenfänger, Zusammenstellungen
„ 2146, 3. Ausgabe, Juli 1929, Drahtkorbfunkenfänger-Beschläge
„ 3021, 2. Ausgabe, Januar 1929, Fangrohre für Wasserstandprüfhähne
„ 3022, 2. Ausgabe, Juni 1929, Selbstschluß-Wasserstandanzeiger, Gehäuse mit Flansch
„ 3223, 2. Ausgabe, Juni 1929, Selbstschluß-Wasserstandanzeiger, Gehäuse mit Gewindezapfen
„ 3224, 2. Ausgabe, Oktober 1928, Selbstschluß-Wasserstandanzeiger, Einzelteile
„ 3225, 2. Ausgabe, Oktober 1928, Selbstschluß-Wasserstandanzeiger, Einzelteile
„ 3245, 2. Ausgabe, Januar 1929, Wasserstandmarken klein
„ 6113, 2. „ April 1929, Wassereinlauf 1200 × 300 für seitliche Wasserkästen

Ferner sind folgende „Normblätter für das Eisenbahnwesen“ neu herausgekommen:

DIN 1554 Rohe Radreifen für Vollspurbahnfahrzeuge
„ 1555 „ „ „ Schmalspurbahnfahrzeuge
„ 1556 „ „ mit schwachem Spurkranz für Industriebahnfahrzeuge
„ 1557 Rohe Radreifen mit verstärktem Spurkranz für Industriebahnfahrzeuge
„ 1564 Rohrverbindungsstücke, Muffen, Übergangsmuffen
„ 1565 Rohrverbindungsstücke, Nippel, Übergangsnippel
„ 1566 „ Doppelnippel, Übergangsnippel
„ 1567 Rohrverbindungsstücke, T-Stücke, Übergangs-T-Stücke
„ 1568 Rohrverbindungsstücke, Kreuzstücke
„ 1569 „ Winkelstücke, Hosenstücke
„ 1585 Bügelgriffe, stehend, gerade, schräg
„ 1587 Hutmuttern

Bisher liegen ungefähr 360 bezugsfertige LON-Blätter vor. Der Stückpreis (gültig ab 1. Mai 1929) beträgt für ein Normblatt auf weißem Papier 0,75 *RM*. Bei Abnahme von:

6 bis 9	Stück derselben Nummer	5%	Preisermäßigung,
10 „ 49	„ „ „	10%	„
50 „ 99	„ „ „	15%	„
100 „ 199	„ „ „	20%	„
200 „ 300	„ „ „	25%	„

Bei Mehrabnahme besonderes Angebot:

Ausnahmepreise für in Buchform erschienene Lonormen:

LON 1 Einheitliche Benennungen der Lokomotivteile	2,— *RM*
„ 2 Zeichnungsverzeichnis für Lokomotive	3,50 *RM*
„ 3 „ für Tender	2,— *RM*
„ 2+3 „ für Lokomotive u. Tender (Taschenformat)	3,50 *RM*
„ 2 K, Verzeichnis der Lokomotiversatzkessel	2,— *RM*
„ 7 Zeichnungsverzeichnis für feuerlose Lokomotiven	2,— *RM*
„ 8 Zeichnungsverzeichnis für elektrische Lokomotiven (großes Format)	2,50 *RM*
„ 8 Desgleichen (Taschenformat)	2,25 *RM*

Die Abgabe des Normblattverzeichnisses für den Lokomotivbau erfolgt kostenlos durch die Geschäftsstelle des ELNA, Anschrift: ELNA m. Br. Hanomag, Hannover-Linden, Postfach 55.

Wenn auch die Lokomotivnormen zunächst nur für die neu zu bauenden Lokomotiven in Frage kommen, so konnte ein Teil derselben doch schon in vielen Werken mit Vorteil und gutem Erfolg auch bei den bereits vorhandenen Lokomotiven angewendet werden. So ist zum Beispiel ein großer Teil der Bremsen von Lokomotiven älterer Bauart mit Buchsen und Bolzen nach LON 202 und 254 ausgerüstet; Federspanner mit Rundgewinde nach LON 288 (DIN 405 gekürzt) und mit Buchsen nach LON 202 werden in sämtliche Fahrzeuge eingebaut; die Spannschloß- und Feststellmuttern für Bremszugstangen der Lokomotiven bayerischer Bauart erhalten allgemein Rundgewinde nach DIN 262; Dichtungslinsen nach LON 270, Bundbuchsen nach LON 274, Überwurfmuttern nach LON 273, Rohranschlüsse bzw. Einschraubstutzen nach LON 2051 und 2055 kommen bereits in größerem Umfange auch bei den Lokomotiven älterer Bauart zur Anwendung, desgleichen Nieten nach DIN 123, 124, 301 und 302 und Kegelstifte nach DIN 1. Ferner werden zum Teil auch bereits die LON-Blätter 5337 „Gelenkbolzen für Kuppelstangen“, 5338 „Blanke Bundmuttern für Gelenk- und Kreuzkopfbolzen“, 5010 „Kolbenringe (Überstreifringe)“ und 5321 „Schraubenstellkeile für Stangenlager“ für Lokomotiven älterer Bauart zur Anwendung gebracht. Sehr günstig wirkte sich auch die weitgehende Anwendung der DIN-Passungen für die austauschbaren Fahrzeugteile aus. Paßarbeiten kommen dadurch fast ganz in Fortfall; die Beschaffung zusammengehöriger Fahrzeugteile, bei denen gewisse Sitze gewährleistet sein sollen, ist freizügiger und kann gegebenenfalls unabhängig voneinander bei verschiedenen Firmen erfolgen.

Die verschiedentlich laut gewordenen Befürchtungen, die DIN-Passungen wären in mehreren Punkten ungenügend und müßten in nächster Zeit Änderungen erfahren, sind, wie aus einer

Abhandlung in Heft 11, 1928 der DIN-Mitteilungen zu entnehmen ist, nicht zutreffend. Aus der Abhandlung geht hervor, daß auf verschiedene Einwände aus dem Auslande (Schweden, Polen), nach denen die DIN-Passungen nicht in allen Punkten den Bedürfnissen der Praxis genügen sollten, in besonderen Besprechungen die namhaftesten Vertreter des Werkzeugmaschinenbaues, des Großmaschinenbaues usw. zu Worte kamen. Aus den verschiedenen Äußerungen geht hervor, daß die gesamte deutsche Industrie geschlossen für die Brauchbarkeit der DIN-Passungen eintritt und zwar im besonderen auch auf den hauptsächlich angefochtenen Gebieten der Ruhesitze.

Besondere Bedeutung hat auch die Gewindefrage bei der Deutschen Reichsbahn gewonnen. Die in Betracht kommenden Gewinde werden nach DIN 2244 (mittel) toleriert. Die Frage der austauschbaren Gewinde kann nunmehr als gelöst angesehen werden. Auch bezüglich der Dichtgewinde liegen bereits befriedigende Ergebnisse vor.

Nähere Einzelheiten über die letzten Beschlüsse des „Arbeitsausschusses für Gewinde" sind in Heft 2, 1929 der DIN-Mitteilungen festgelegt. Hervorzuheben wäre, daß dieser Arbeitsausschuß in seiner Sitzung vom 30. November 1928 unter anderem beschlossen hat, künftighin Whitworth-Gewinde mit Spitzenspiel (DIN 12) und Whitworth-Rohrgewinde mit Spitzenspiel (DIN 260) — beide Gewindearten sind bei der Deutschen Reichsbahn nicht zur Anwendung gekommen — wegfallen zu lassen, ferner bei den Gewindelehren die Gewinderachenlehre und den Gewindelehrring zunächst noch als gleichberechtigt nebeneinander bestehen zu lassen und die Entscheidung, ob der Gewindelehrring für die Zukunft entbehrlich ist, der Praxis zu überlassen.

Zu bemerken wäre noch, daß den Werken die baldige, bezugsfertige Erstellung des Beiblattes zu LON 289 „Trapezgewinde, Gewindegrenzmaße der Werkstücke, Herstellungsgenauigkeit der Lehren" ein dringendes Bedürfnis geworden ist, damit endlich die zur Herstellung einwandfreier Innengewinde (Armatur) benötigten Gewindebohrer in Bestellung gegeben werden können.

Über die Ausarbeitung von Norm-Werkzeichnungen für Normteile und ihre einheitliche Reglung im ELNA sprach nach einem Sitzungsbericht im Heft 16, 1928 der DIN-Mitteilungen Dipl.-Ing. Merkel. In dem Bericht ist unter anderem erwähnt, daß im Lokomotivbau für jede Normteilgröße eines Normblattes sogenannte Norm-Werkzeichnungen angefertigt werden, die nach bestimmten Grundsätzen aufgestellt werden und sämtliche Fertigungsangaben enthalten müssen, da die Fertigung von Normteilen nach den Normblättern selbst wegen der meist sehr kleinen, bildlichen Darstellungen und dem tabellenmäßigen Aufbau nicht erfolgen kann.

Als wesentlich ist hervorzuheben, daß Zeichnungsbenennung und Zeichnungsnummer genau der Normbezeichnung entsprechen. Bei mehrteiligen Normteilen kommt im Gegensatz zu dem sonst gebräuchlichen Zeichnungssystem des Lokomotivbaues das Einzelzeichnungssystem vorwiegend zur Anwendung. In den Stücklisten der Hauptzeichnungen wird jeweils auf das Vorhandensein solcher Norm-Werkzeichnungen hingewiesen.

b) Normung im Wagenbau.

Auch die Normung im Wagenbau hat in der letzten Zeit merkliche Fortschritte gemacht.

Von dem für die Normenarbeiten im Wagenbau eingesetzten Fachausschuß, dem AWANA (Allgemeiner Wagenbau-Normenausschuß) wurden seit etwa Jahresfrist folgende Fachnormen für den Eisenbahn-Wagenbau (WAN-Blätter) neu herausgegeben:

1. *Allgemeines.*

WAN 11 Zeichnungen, Schriftfeld und Stückliste.

2. *Bolzen.*

WAN 2200 Beiblatt 1—59 Bolzen mit rohem Kopf und Sonderbolzen für 1 und 2 Om, O, G, Gl, K. und R. Wagen, 2 Sm Wagen und 2achsigen Personenwagen.

3. *Rohre, Schrauben und Muttern.*

WAN 195 Rippenschrauben.
„ 196 Rundmuttern.

4. *Formstahl.*

WAN 503 Quadratstahl, scharfkantig.
„ 511 Blatt 1—3. Sonder-Formstahl, gewalzt (Achshalter-Gleitbacken).

5. *Rohre.*

WAN 572 Flußstahlrohre, Gasrohre.

Außerdem wurden von dem AWANA noch eine Anzahl DIN-Blätter einer besonderen Sichtung unterzogen und in diesen die für Reichsbahnwagen erforderlichen Abmessungen besonders gekennzeichnet.

Die von dem AWANA herausgegebenen Wagen-Normen genügen zur Durchführung der Normung bei dem Neubau und der Ausbesserung der Wagen nicht. Es ist erforderlich, daß für die einzelnen Wagenteile besondere Zeichnungen aufgestellt werden, die den Anforderungen der Normung voll entsprechen, die also die für die Fertigung erforderlichen Angaben (Abmaße, Toleranzen, Festlegung der Bezugskanten und Bezugslöcher) enthalten. An solchen Austauschbauzeichnungen für Einheitswagen wurden vom Reichsbahn-Zentralamt seit etwa Jahresfrist neu aufgestellt und herausgegeben:

Gruppe	02	Laufwerk	rund 50 St.
„	03	Untergestell	„ 70 „
„	04	Drehgestell	„ 115 „
„	06	Stoßvorrichtung	„ 20 „
„	07	Achsbremsgestänge u. Handbremse	„ 96 „
„	09	Luftdruckbremse	„ 5 „
„	10	Tritte, Griffe, Signalstützen und Schilder	„ 15 „
„	12	Zubehörstücke und -teile	„ 11 „
„	20	Kastengerippe	„ 26 „
„	21	Kastenbekleidung, Wände und Fußböden	„ 40 „
„	22	Türen ausschließlich Fenster	„ 42 „
„	24	Bremserhaus, Bühne und Übergangseinrichtung	„ 30 „
„	25	Innenausrüstung, Wand- u. Deckenbekleidung, Sitze u. Gepäcknetze	„ 30 „

In dieser Aufstellung sind die neu erstellten Austauschbauzeichnungen, die als Ersatz für frühere Ausgaben gelten, nicht enthalten.

Für die Einführung der Wagen-Normen sind außer den Austauschbauzeichnungen auch die Teilhefte von größtem Wert. Von diesen Heften haben die Werke bisher erhalten:

Teilhefte für 1 und 2 G	Gedeckter 15 t-Wagen mit und ohne Handbremse,
„ „ 1 „ 2 Gl	Gedeckter großräumiger 15 t-Wagen mit und ohne Handbremse.
„ „ 1 „ 2 O	Offener 15 t-Wagen mit hölzernen Wänden mit und ohne Handbremse.
„ „ 1 „ 2 Om	Offener 20 t-Wagen mit hölzernen Wänden mit und ohne Handbremse.
„ „ 1 „ 2 K	15 t-Wagen mit Klappendeckeln mit und ohne Handbremse.
„ „ 1 „ 2 R	Offener 15 t-Wagen mit hölzernen Rungen und Seitenborden (Rungenwagen mit und ohne Handbremse).
„ „ 2 Sm	Offener 20 t-Wagen mit eisernen Rungen und 13 m Ladelänge ohne Handbremse.

Wie bereits in dem Bericht über „Normung im Lokomotiv- und Wagenbau" Heft 24, 1928 des Organs kurz erwähnt, enthält das Teilheft die Stückzahl der gleichen Teile für einen Wagen, ferner die in Frage kommenden DIN- und WAN-Blatt-Nummern und die Werkstoffe für alle Teile. Außerdem enthält es die Angabe aller Einzelteile des Austauschbauwagens, geordnet nach WAN 1 und mit den dort angegebenen Benennungen, sowie die Teilheftnummern. Da für jede der Teilheftnummern eine Austauschbauzeichnung mit gleichlautender Zeichnungsnummer aufgestellt ist, bildet das Teilheft gleichzeitig ein Verzeichnis der Austauschbauzeichnungen und sollte in keiner Sammlung von Austauschbauzeichnungen fehlen.

Das Teilheft enthält auch alle für den Wagen erforderlichen Beschlagmittel (Niete, Schrauben). Diese erscheinen innerhalb der einzelnen Gruppen und zwar dort, wo sie Verwendung finden; sie sind aber auch am Schluß einer jeden Gruppe zusammengestellt, so daß der Bedarf für diese Teile leicht festgestellt werden kann.

Das Teilheft ist nicht nur für den Neubau der Wagen wertvoll, sondern es gibt auch einen sicheren Anhalt für die Ausbesserung von Austauschbauwagen und einen Hinweis, an

welchen Stellen für vorhandene ältere Wagen Austauschbau-Ersatzstücke und Normteile Verwendung finden können.

Über die Einführung der Wagen-Normung in die Praxis sprach nach einem Sitzungsbericht in Heft 16, 1928 der DIN-Mitteilungen Reichsbahnoberrat Klein. Danach sind bei den jetzt gebauten Einheitswagen die Normen vollständig eingeführt.

Normung und Austauschbau haben zu einer Gütesteigerung der Wagen geführt. Durch die nunmehr erst mögliche wirtschaftliche Massenfertigung der Einzelteile und durch den Wegfall von zeitraubenden Anpaßarbeiten wird eine Verminderung der Herstellungs- und Instandsetzungskosten, sowie eine wesentliche Verkürzung der Ausbesserungszeiten erzielt. N.

Buchbesprechungen.

Handbuch für Eisenbetonbau. Erster Band: Geschichtliche Entwicklung, Versuche, Theorie. Herausgegeben von Oberbaurat Dr. F. Emperger, Wien. Verlag Wilhelm Ernst u. Sohn, Berlin.

Von dem rühmlich bekannten, bestens bewährten „Handbuch für Eisenbetonbau", das sich unter dem wissenschaftlichen Rüstzeug des Bauingenieurs längst einen hervorragenden Platz gesichert hat, erscheint soeben der 1. Band in vierter, vollständig neu bearbeiteter Auflage, und zwar in Lieferungen von je sechs Bogen. Die bisher erschienenen drei Lieferungen weisen alle Kennzeichen bedeutender Werke auf, insbesondere sind die Abbildungen als mustergültig anzusprechen. Eine eingehende, sachliche Würdigung soll in dieser Zeitschrift gegeben werden, sobald der erste Band geschlossen vorliegt. Dr. Bl.

Erddrucktafeln. Von Dr.-Ing. Otto Syffert, Berlin 1929 Verlag Julius Springer. Preis 6,— *RM.*

Das Büchlein enthält neben einer kurzen Einführung 25 Tafeln, aus denen die Größe des Erddruckes auf Stützmauern abgegriffen werden kann. Die Tafeln sind geschieden nach den verschiedenen Neigungen der Rückenflächen sowie der Gelände- und Böschungsflächen. Die Tafelwerte sind dann nur noch von einer Veränderlichen abhängig, nämlich von dem Winkel, den die Richtung des Erddruckes mit der Senkrechten auf die Mauerrückfläche einschließt.

Das Büchlein erleichtert die Berechnung von Stützmauern erheblich; es stellt daher für Eisenbahnvorarbeiten ein brauchbares und schätzenswertes Hilfsmittel dar. Dr. Bl.

Taschenbuch für Bauingenieure. Herausgegeben von Geh. Hofrat Prof. Dr. Ing. e. h. Max Förster. Berlin 1928, Verlag Julius Springer. Zwei Bände in Leinen. Preis 42,50 *RM.*

Als die erste Auflage dieses Taschenbuches im Jahre 1911 erschien, war das Ganze in einem Bande von 1900 Seiten Dünndruckpapier mit 2723 Abbildungen zusammengefaßt. Als Mitarbeiter zeichneten damals elf Fachgelehrte, davon zehn aus Dresden, meist Professoren an der Sächsischen Technischen Hochschule. Seit jener Zeit ist unter Führung des Herausgebers unablässig an der Vervollkommnung des Taschenbuches gearbeitet worden. Es hat sich längst seinen Platz in der Handbücherei jedes Bauingenieurs gesichert und hat, vollinhaltlich übersetzt, auch den Weg ins Ausland gefunden.

Mit der vorliegenden 5. Auflage tritt uns das bewährte Taschenbuch in verjüngter Gestalt entgegen. Die Liste der Mitarbeiter umfaßt jetzt 22 Namen aus vielen deutschen Landen, wobei der Anteil der Technischen Hochschule Dresden naturgemäß mit 16 Namen noch im Vordergrunde steht. Offenbar hat die zunehmende Spezialisierung zu der Erweiterung des Mitarbeiterkreises geführt. Äußerlich hat das Taschenbuch die seit längerem gewählte Form zweier schmucken, handlichen Bände beibehalten. Der Inhalt ist auf rund 2500 Seiten vermehrt, die Zahl der Abbildungen ist auf 3238 gestiegen. Ein klar gegliedertes, übersichtliches Sachverzeichnis erleichtert den Gebrauch des Buches als Nachschlagewerk. Und um zunächst noch beim Äußeren zu bleiben: mit der drucktechnischen Ausstattung hat ein Verlag Springer Vorbildliches geleistet; namentlich die Abbildungen, unter denen zahlreiche perspektivische angenehm auffallen, sind nach Auswahl, Anschaulichkeit und Bildwirkung schlechthin ausgezeichnet.

Den Inhalt der beiden Bände auch nur auszugsweise andeuten zu wollen, würde erfordern, den engen Rahmen einer Buchbesprechung zu sprengen, würde die Gefahr heraufbeschwören, einzelne Fachgebiete, einzelne Verfassernamen besonders hervorzuheben, während der besondere Vorzug des Werkes gerade in seiner wohltuend gleichmäßigen Abstimmung besteht. Darum sei nur angedeutet, daß in allen Abschnitten der Weg bis zu den neuesten Erfahrungen und Ergebnissen leicht gangbar gebahnt ist und daß dabei überall in den Hauptgebieten wie auf Grenzgebieten eine weise Beschränkung auf das Nötigste gewahrt ist. Durch den Eintritt zahlreicher neuer Mitarbeiter ist unverkennbar ein frischer Zug in das Ganze gekommen. Eines muß dabei noch besonders hervorgehoben werden. Försters Taschenbuch ist weit mehr als ein trockenes Nachschlagewerk. Wenn man sich von dem Gesamtinhalt des Buches ein Bild machen will, so wird man — so ging es wenigstens dem Schreiber dieser Zeilen — gefesselt von Stoff und Darstellung, und unwillkürlich verweilt man im Weiterlesen. So gesehen erhebt sich Försters Taschenbuch zu einer ungemein anziehenden Gesamtdarstellung des Bauingenieurfaches, deren besondere Bedeutung darin liegt, daß sie fähig ist, die lähmenden Fesseln der Spezialisierung zu lockern. Das Buch ist nicht nur wertvoll für den Augenblicksgebrauch als Hilfeleistung für Tagesaufgaben, sondern es ist auch wert und geeignet, als Ganzes durchgearbeitet und studiert zu werden. Viele ältere Fachgenossen werden es zweifellos mit hohem Gewinn derart verwerten, und aus dem gleichen Grunde ist es auch ein sicherer Führer für den jungen Nachwuchs, insbesondere für Studierende. Dem verdienten Herausgeber wird auf diese Weise der Dank und die Anerkennung vieler sicher sein für dieses unermüdlich verbesserte Werk, das in dem technischen Schrifttum Deutschlands mit an erster Stelle genannt zu werden verdient. Dr. Bl.

Zuschrift an die Schriftleitung.

Zur Frage der Ausfahrvorsignale auf den Österreichischen Bundesbahnen.

Von Herrn Jr. G. J. de Vos van Nederveen Cappel, Chef des Sicherungswesens der Niederländischen Eisenbahnen, Utrecht, erhalten wir folgende Zuschrift:

„Mit lebhaftem Interesse habe ich den Aufsatz von Herrn Ingenieur F. Zuleger in Heft 22 vom 15. November d. J. gelesen.

Der Signalbegriff „Vorsicht" der Österreichischen Bundesbahnen ist m. E. zur Nachahmung nicht empfehlenswert und zwar auf Grund folgender Erwägungen.

Die Vorsignale wurden, als die Geschwindigkeit der Züge erhöht wurde, eingeführt um ein Überfahren eines Hauptsignals bei unübersichtlicher Bahnstrecke, bei Nebel oder sonst unsichtigem Wetter zu verhüten. Durch ein Vorsignal wird angezeigt, welche Stellung am Hauptsignal zu erwarten ist. „Erwarten", weil das Vorsignal nicht immer gleichzeitig mit dem Hauptsignal, jedenfalls erst dann in die Fahrstellung gebracht wird, nachdem das Hauptsignal auf Fahrt gestellt worden ist.

Für den Lokomotivführer ist meist das Vorsignal praktisch das wichtigste Signal.

Der österreichische Signalbegriff verschwächt nun den Begriff des Vorsignals. Wenn ein Lokomotivführer wiederholt an einem Vorsignal vorüberfährt in der Stellung, die anzeigt, daß am Hauptsignal „Halt" zu erwarten ist, und er sieht dann die Stellung „Fahrt frei", dann hat das Vorsignal für ihn keine Bedeutung mehr und sagt ihm über die Stellung des Hauptsignals nichts.

Wenn ein Lokomotivführer einmal sich an diese Vorstellung gewöhnt hat und er überfährt bei Nebel ein Vorsignal, so besteht die Möglichkeit, daß er das Hauptsignal in Haltstellung überfährt und ein Unglück eintritt.

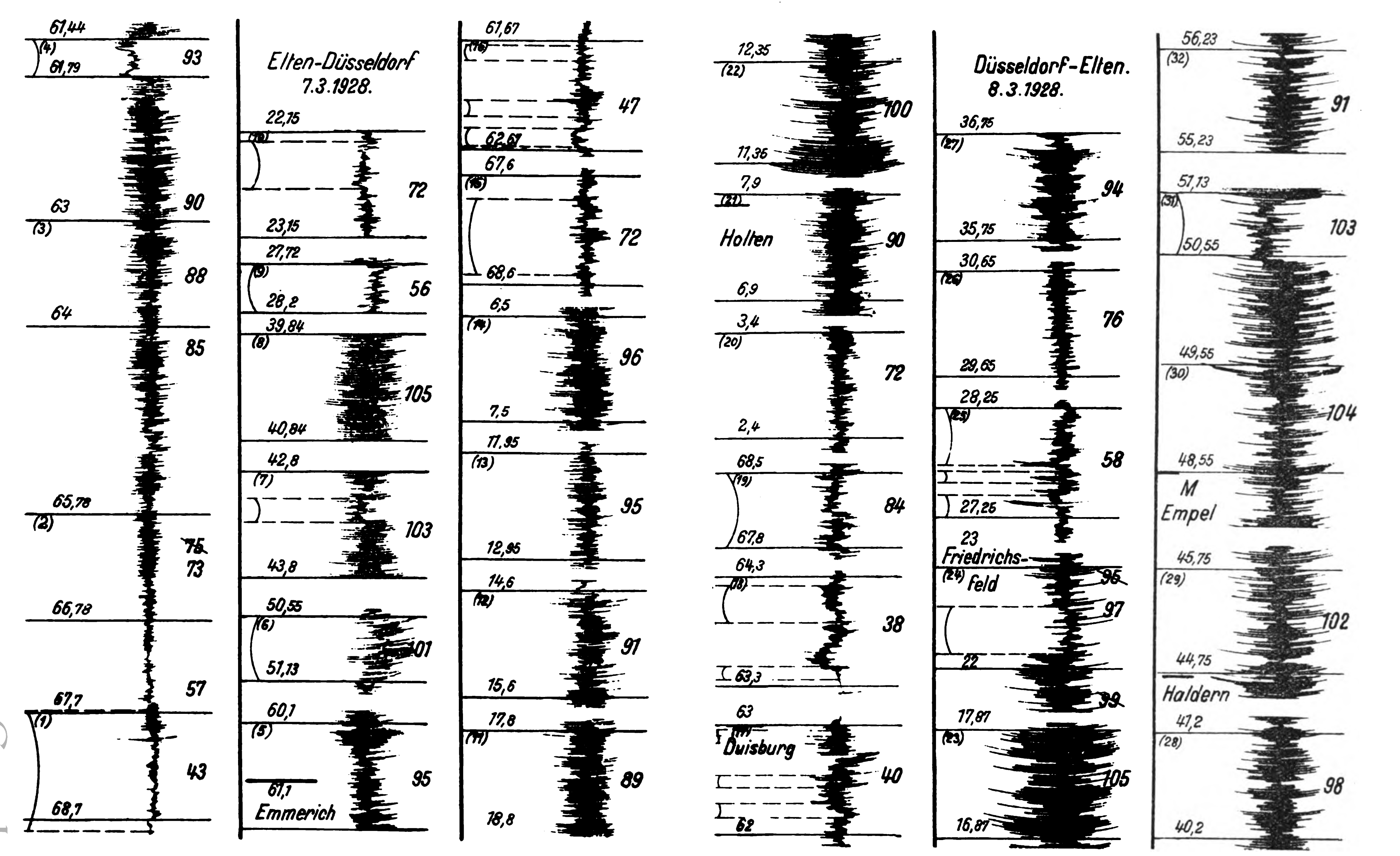
Die österreichischen Bedingungen wären, wenn sie von dem Signalbegriff „Vorsicht" absehen würden, m. E. auf besserem und sichererem Wege.

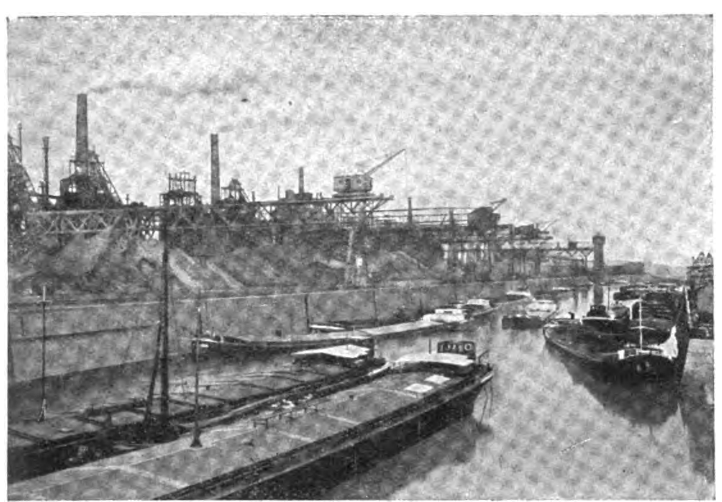
Die Signalbegriffe müssen klar und deutlich erhalten werden."

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München
Druck von Carl Ritter, G.m.b.H. in Wiesbaden.



Zum Aufsatz: Schlingerbewegungen an Drehgestellwagen.





Fried. Krupp Aktiengesellschaft Friedrich-Alfred-Hütte

Hochöfen, Thomas- u. Martinstahlwerke, Walzwerke, Eisenbauwerkstätten

Roheisen

Thomasroheisen, Bessemerroheisen, Gießereiroheisen, Hämatit, Spezialroheisen, Ferrochrom.

Rohstahl

Blöcke u. Brammen aus Thomas- u. Martinstahl.

Walzfabrikate

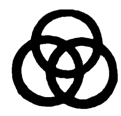
Halbzeug aus Thomas- und Martinstahl, vorgewalzte Blöcke, Knüppel, Platinen. — **Eisenbahnoberbaumaterial:** Schienen, Schwellen (auch Schwellen mit aufgeschweißten Rippenplatten), Laschen, Unterlags- und Hakenplatten, Rippenplatten, Klemmplatten, Schienenklemmen, Stützwinkel, Federplatten, Oberbauschrauben, Feldbahnmaterial. — **Formeisen.** — **Stabeisen** für alle Verwendungszwecke. — **Walzdraht. Spundwandeisen.**

Stahlbauwerke

aller Art nach eigenen und fremden Entwürfen für den

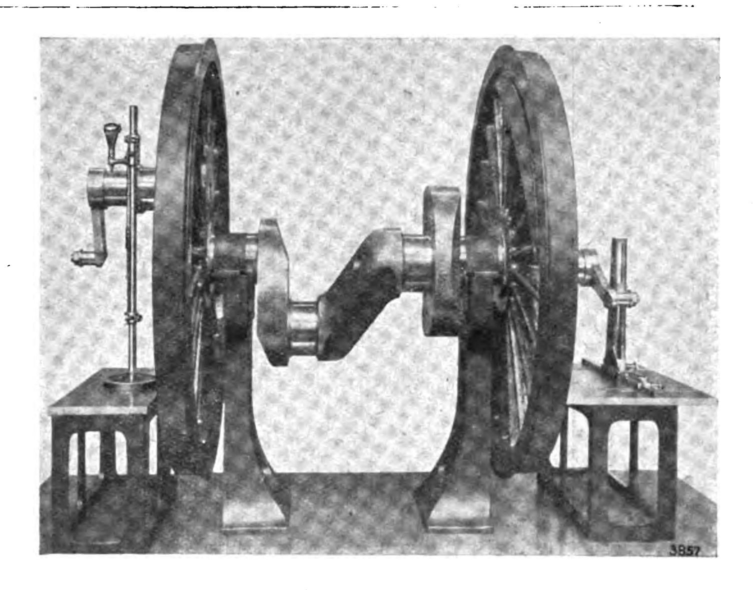
Bergbau, Brückenbau, Hochbau, Tiefbau, Schiffbau, Wasserbau

Spezialität: Gittermaste



Anfragen erbeten an:





Meßstand

zum Nachmessen von Radsätzen D.R.P. angemeldet.

Das Kruppsche Meßverfahren zum Feststellen von Hub, Winkel- und Gegenkurbelstellung der Radsätze ist vollständig unabhängig von Körner und Kontrollriß; Zwischenmessungen, Anreißungen, Übertragungen und Umrechnungen fallen weg, alle Gefühlsprüfungen sind ausgeschaltet. Das Messen mit den Krupp-Geräten erfordert keine besondere Geschicklichkeit und keine längere Anlernzeit, da die einzelnen Meßwerkzeuge höchst einfach zu handhaben sind. Feinzeiger (Mikrotaste Patent Krupp) geben vorhandene Abweichungen in hundertstel Millimeter an. Durch Versetzen der Meßgeräte von außen nach innen können auch einfach oder mehrfach gekröpfte Kurbelwellen ohne weiteres auf Hub und Winkelstellung geprüft werden. In Fachkreisen wird das Meßverfahren mit den Krupp-Geräten allgemein als das beste anerkannt.



Das

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

erscheint am 1. und 15. jedes Monats.

Die Anschrift des Schriftleiters ist: **Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, Sandstraße 38/40,**
die des stellvertretenden Schriftleiters: **Reichsbahnoberrat Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden, Wiener Straße 4.**

Die Aufnahme von Bearbeitungen technischer Gegenstände aus dem Vereinsgebiete vermitteln im Auftrage des Technischen Ausschusses des Vereins:
Oberinspektor **Alex,** Direktion der königl. Ungarischen Staatseisenbahnen, Budapest;
Reichsbahnoberrat **Arzt,** Reichsbahndirektion Oldenburg;
Direktor Professor **Baumann** bei der Reichsbahndirektion Karlsruhe;
Ministerialrat **Engels,** Generaldirektion der Österr. Bundesbahnen, Wien;
Reichsbahndirektor **Hundsdorfer,** Mitglied der Gruppenverwaltung Bayern der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft;
Abteilungsvorstand Oberingenieur **Joosting,** Generaldirektion der Niederländischen Eisenbahnen in Utrecht;
Direktor **Nägele** bei der Reichsbahndirektion Stuttgart;
Direktor **Pogány,** Betriebsdirektion der Donau-Save-Adria-Eisenbahngesellschaft (vorm. Südbahngesellschaft) in Budapest;
Reichsbahnoberrat **Ruthemeyer,** Reichsbahndirektion Erfurt;
Reichsbahnoberrat **Tetzlaff,** Reichsbahnzentralamt Berlin;
Baudirektor Dr. **Trnka,** Generaldirektion der Österr. Bundesbahnen, Wien;
Reichsbahndirektor **Wetzler,** Mitglied der Gruppenverwaltung Bayern der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Der halbe Jahrgang 1929 des „Organs für die Fortschritte des Eisenbahnwesens“ wird mit **18.— RM.** berechnet und ist durch den Buchhandel oder (zuzüglich des anfallenden Drucksachenportos) von der Verlagsbuchhandlung zu beziehen.

Von den im Organ erscheinenden Aufsätzen können Sonderabdrucke bezogen werden. Bestellungen müssen spätestens 8 Tage nach Erscheinen der Hefte in den Händen des Verlags sein.

Preis für 1 Seite Umfang bei Bestellung von 20 Stück etwa 7 *RM*, für weitere 10 Stück 0,50 *RM*, mit Tafeln entspr. höher.

Auch auf die Fachhefte werden Sonderbestellungen entgegengenommen.

C. W. Kreidel's Verlag in München, Trogerstraße 56.

Wegen Anzeigen und Beilagen wolle man sich wenden an die Verlagsbuchhandlung **Julius Springer,** Berlin W 9

Anzeigenpreise:	1/1	1/2	1/4	1/8 Seite
	180.—	90.—	45.—	22.50 *RM*

Bei 12 24maliger Aufnahme innerhalb Jahresfrist 10 20% Nachlaß.

Für Vorzugsseiten gelten besondere Preise. Beilagen nach Vereinbarung.

Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden. Für den Anzeigenteil verantwortlich F. Luckhardt, Berlin S. O. 36.

